

PRAĆENJE STANJA RADIOAKTIVNOSTI U OKOLIŠU U REPUBLICI HRVATSKOJ

Izveštaj za 2022. godinu
LXII. godina



Zagreb, 2023.



Institut za
medicinska
istraživanja
i medicinu
rada

IMI-CRZ-103

Klasa: 07-75/23-00/1

Ur.Broj: 100-15/23-4

PRAĆENJE STANJA RADIOAKTIVNOSTI U OKOLIŠU U REPUBLICI HRVATSKOJ

Izveštaj za 2022. godinu

LXII. godina

Jedinica za zaštitu od zračenja

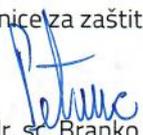
Predstojnik Jedinice:

Izv. prof. dr. sc. Branko Petrinec, prof. fizike

Suradnici:

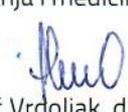
Mak Avdić, mag. ing. kem. tehn.,
Dr. sc. Dinko Babić, dipl. ing. fizike
Dr. sc. Tomislav Bituh, dipl. ing. preh. tehn.
Tea Čvorišćec, mag. ing. agr, mag. sanit. ing.
Iva Franulović, dipl. ing. biotehn.
Milica Kovačić, dipl. ing. kem.
Ljerka Petroci
Dr. sc. Davor Rašeta, dipl. ing. el.
Jasminka Senčar
Jerko Šiško, dipl. ing. fizike

Predstojnik
Jedinice za zaštitu od zračenja:


Izv. prof. dr. sc. Branko Petrinec, prof. fizike



Ravnateljica Instituta za medicinska
istraživanja i medicinu rada:


Prof. dr. sc. Ana Lucić Vrdoljak, dipl. ing. med. biokem.

Zagreb, 2023.

SADRŽAJ

| | |
|---|-----------|
| SAŽETAK / ABSTRACT | 5 |
| UVOD | 6 |
| TABLIČNI PRIKAZ OBAVLJENIH POSLOVA IZ GODIŠNJEG PROGRAMA..... | 7 |
| KOORDINATE MJESTA MJERENJA I UZIMANJA UZORAKA | 10 |
| POPIS I KARAKTERISTIKE MJERNE OPREME | 12 |
| 1. AMBIJENTALNI DOZNI EKVIVALENT | 13 |
| 1.D Mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta $H^*(10)$ | 14 |
| 2. ZRAK | 18 |
| 2.B Ukupna beta aktivnost zraka..... | 19 |
| 2.G Gamaspektrometrijska analiza zraka..... | 20 |
| 2.S Specifično određivanje ^{90}Sr u zraku | 23 |
| 2.J Specifično određivanje ^{131}I u zraku..... | 24 |
| 3. OBORINA..... | 25 |
| Količina oborine u 2022. godini..... | 26 |
| 3.B Ukupna beta aktivnost oborine..... | 29 |
| 3.G Gamaspektrometrijska analiza oborine..... | 30 |
| 3.S Specifično određivanje ^{90}Sr u oborinama | 33 |
| 4. TLO | 34 |
| 4.G Gamaspektrometrijska analiza tla | 35 |
| 4.S Specifično određivanje ^{90}Sr u tlu..... | 38 |
| 5. RIJEKE | 40 |
| 5.G Gamaspektrometrijska analiza riječnih voda | 41 |
| 5.S Specifično određivanje ^{90}Sr u riječnim vodama..... | 44 |
| 6. JEZERA | 45 |
| 6.G Gamaspektrometrijska analiza jezerskih voda..... | 46 |
| 6.S Specifično određivanje ^{90}Sr u jezerskim vodama | 46 |
| 7. MORE | 47 |
| 7.1.G Gamaspektrometrijska analiza morske vode | 48 |
| 7.1.S Specifično određivanje ^{226}Ra u morskoj vodi..... | 49 |
| 7.1.S Specifično određivanje ^{90}Sr u morskoj vodi | 49 |
| 7.2.G Gamaspektrometrijska analiza mobilnih indikatorskih organizama..... | 50 |

| | |
|---|-----------|
| 8. VODA ZA PIĆE..... | 51 |
| 8.1.G Gamaspektrometrijska analiza vodovodnih voda..... | 52 |
| 8.1.S Specifično određivanje ⁹⁰ Sr u vodovodnoj vodi..... | 53 |
| 8.2.G Gamaspektrometrijska analiza voda iz spremnika za kišnicu | 54 |
| 8.2.s Specifično određivanje ⁹⁰ Sr u vodama iz spremnika za kišnicu..... | 54 |
| 9. PREHRAMBENI ARTIKLI..... | 55 |
| 9.1.G Gamaspektrometrijska analiza mlijeka..... | 56 |
| 9.1.S Specifično određivanje ⁹⁰ Sr u mlijeku | 59 |
| 9.2.G Gamaspektrometrijska analiza ljudske hrane..... | 62 |
| 9.2.S Specifično određivanje ⁹⁰ Sr u ljudskoj hrani..... | 65 |
| 9.3.G Gamaspektrometrijska analiza cjelovitih obroka hrane..... | 67 |
| 9.3.S Specifično određivanje ⁹⁰ Sr u cjelovitim obrocima hrane..... | 68 |
| 10. STOČNA HRANA..... | 69 |
| 10.G Gamaspektrometrijska analiza stočne hrane | 70 |
| 10.S Specifično određivanje ⁹⁰ Sr u stočnoj hrani..... | 70 |
| ZAKLJUČAK | 71 |

PRILOG 1: *Izveštaj o ispitivanju:* Praćenje stanja radioaktivnosti u okolišu u Republici Hrvatskoj tijekom 2022. godine.

Određivanje radionuklida visokorezolucijskom gamaspektrometrijom u energijskom rasponu od 40 do 2000 keV.

Određivanje koncentracije aktivnosti ⁹⁰Sr

Određivanje koncentracije aktivnosti ²²⁶Ra

PRILOG 2: CD s podacima u elektroničkom obliku.

SAŽETAK

Program mjerenja radioaktivnosti u okolišu u Republici Hrvatskoj za 2022. godinu nastavak je kontinuiranih mjerenja od 1959. godine.

Od 2010. godine Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada akreditiran je prema Normi HRN EN ISO/IEC 17025 za područja: Određivanje radioaktivnosti i Ispitivanja u području zaštite od ionizirajućeg zračenja.

Uzimanje uzoraka, radiokemijsku obradu i mjerenje provodi Jedinica za zaštitu od zračenja, Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu. U skladu s preporukama Direktive Vijeća 2013/59/Euratom od 5. prosinca 2013. godine o osnovnim sigurnosnim standardima za zaštitu od opasnosti koje potječu od izloženosti ionizirajućem zračenju, program je obuhvatio sve važnije sastavnice okoliša - zrak, oborine, tlo, geografske i pitke vode te ljudsku i stočnu hranu.

Svrha ovih istraživanja je prikupiti što veći broj podataka na temelju kojih se može procijeniti utjecaj na čovjeka.

ABSTRACT

The radioactivity measurement programme in the environment of the Republic of Croatia for the year 2022 is a part of continuous measurements that have started in 1959.

From 2010 Institute for Medical Research and Occupational Health is accredited laboratory according to Standard HRN EN ISO/IEC 17025 in the scope: Determination of radioactivity and Testing in the scope of ionizing radiation protection.

Sampling, radiochemical analyses and measurements were carried out by the Radiation Protection Unit of the Institute for Medical Research and Occupational Health, Zagreb. The scope of the monitoring of contamination in the environmental samples according to the Council Directive 2013/59/Euratom of 5th December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, the program included all major environmental components: air, precipitation, soil, water, foodstuffs and feedingstuffs.

The purpose of these investigations is to collect as many data as possible for the assessment of radiation risk to man.

UVOD

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada sklopio je 3.10.2022. ugovore s Ministarstvom unutarnjih poslova RH: za Grupu 2 – Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u zraku, tlu, moru, rijekama, jezerima, krutim i tekućim oborinama, vodi za piće, kišnici, bioindikatorskim organizmima, mlijeku, hrani i hrani za životinje (Klasa: 406-09/22-04/133, Ur.br: 511-01-168-22-14), te narudžbenici broj 0013568/500/IH od 29.11.2022. Mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta.

Mjerenja i uzorkovanja provedena su sukladno Godišnjem programu praćenja stanja okoliša za 2022. godinu prikazanog u slijedećoj tablici. Odstupanja od plana nije bilo.

Jedinica za zaštitu od zračenja nastavila je dugogodišnje praćenje sezonskih razlika ^{90}Sr u oborinama i vodovodnoj vodi, stoga je određivanje koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u uzorcima oborina i vodovodnoj vodi na lokaciji Zagreb provedeno u tromjesečnim uzorcima, umjesto polugodišnjim kako je zadano planom. Provedena su mjerenja koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u polugodišnjim uzorcima oborina na lokacijama Osijek i Zadar što nije zadano planom. Također je u uzorcima mlijeka iz Osijeka, Varaždina i Zadra napravljeno uzorkovanje i određivanje koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u dvomjesečnim uzorcima, umjesto tromjesečnim kako je zadano planom.

TABLIČNI PRIKAZ OBAVLJENIH POSLOVA IZ GODIŠNJEG PROGRAMA

| Medij | Mjerna metoda, radionuklid u uzorku | Lokacije | Broj god mjerjenja | Provedeno uzorkovanje i mjerenje* |
|---|---------------------------------------|---|--------------------|-----------------------------------|
| Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u zraku | ukupna beta aktivnost | Zagreb N45.78; E15.90 | 12 | ✓ |
| | VR gama spektrometrija | Zagreb N45.85;E15.98 | 12 | ✓ |
| | | Zadar N44.1;E15.25 | 4 | ✓ |
| | ⁹⁰ Sr -specifično mjerenje | Zagreb N45.85;E15.98 | 2 | ✓ |
| | ¹³¹ I | Zagreb N45.78; E15.90 | 12 | ✓ |
| Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u oborinama | ukupna beta aktivnost | Zagreb N45.78; E15.90 | 12 | ✓ |
| | VR gama spektrometrija | Zagreb N45.78; E15.90 | 4 | ✓ |
| | | Zadar N44.10;E15.25 | 4 | ✓ |
| | | Osijek N45,55;E18.70 | 2 | ✓ |
| | | Bjelovar N44.53;E15.38 | 2 | ✓ |
| | | Pula N44.86;E14.20 | 2 | ✓ |
| | | Rijeka N45.33;E14.46 | 2 | ✓ |
| | | Dubrovnik N42.65;E18.10 | 2 | ✓ |
| ⁹⁰ Sr - specifična metoda | Zagreb N45.78; E15.90 | 2 | ✓(4) | |
| Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u tlu | VR gama spektrometrija | 3 regije Zagreb, Zadar, Osijek - 3 sloja (0-5, 5-10, 10-15) | 9 | ✓ |
| | ⁹⁰ Sr - specifična metoda | 3 regije Zagreb, Zadar, Osijek - 3 sloja (0-5, 5-10, 10-15) | 9 | ✓ |
| Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u bioindikatorskim organizmima | VR gama spektrometrija | 6 lokacija duž jadranske obale | 6 | ✓ |
| vodovodna voda | VR gama spektrometrija | Zagreb | 4 | ✓ |
| | | Osijek | 1 | ✓ |
| | | Rijeka | 1 | ✓ |
| | | Split | 1 | ✓ |
| | | Dubrovnik | 1 | ✓ |
| | ⁹⁰ Sr- specifično mjerenje | Zagreb | 2 | ✓(4) |
| spremnici za kišnicu | VR gama spektrometrija | Bale N45.03;E13.78 | 1 | ✓ |
| | | Doli N42.49;E17.80 | 1 | ✓ |
| | | Marina N43.51;E17.80 | 1 | ✓ |
| | | Pag N44.43;E15.06 | 1 | ✓ |
| | ⁹⁰ Sr- specifično mjerenje | Bale N45.03;E13.78 | 1 | ✓ |
| | | Doli N42.49;E17.80 | 1 | ✓ |
| | | Marina N43.51;E17.80 | 1 | ✓ |
| | | Pag N44.43;E15.06 | 1 | ✓ |

*u zagradama je broj analiziranih uzoraka

| Medij | | Mjerna metoda, radionuklid u uzorku | Lokacije | Broj god mjerjenja | Provedeno uzorkovanje i mjerenje* |
|---|---|--|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u površinskim vodama | Rijeke | VR gama spektrometrija | Sava Zagreb N45.79;E15.98 | 4 | ✓ |
| | | | Sava Harmica N45.86;E15.69 | 4 | ✓ |
| | | | Sava Sisak N45.48;E15.98 | 4 | ✓ |
| | | | Sava Županja N45.08; E18.69 | 4 | ✓ |
| | | | Drava -Varaždin N46.32;E16.36 | 2 | ✓ |
| | | | Drava - Osijek N45.55;E18.70 | 2 | ✓ |
| | | | Dunav- Batina N45.85;E18.85 | 2 | ✓ |
| | | | Dunav-Vukovar N45.35;E19.01 | 2 | ✓ |
| | | | Neretva Opuzen N43.04;E17,55 | 1 | ✓ |
| | | | Krka N43.80;15.96 | 1 | ✓ |
| | | ⁹⁰ Sr - specifično mjerenje / rezidual beta | Sava Zagreb N45.79;E15.98 | 1 | ✓ |
| | | | Sava Harmica N45.86;E15.69 | 1 | ✓ |
| | | | Sava Sisak N45.48;E15.98 | 1 | ✓ |
| | | | Sava Županja N45.08; E18.69 | 1 | ✓ |
| | | | Drava -Varaždin N46.32;E16.36 | 0 | ✓(1) |
| | | | Drava - Osijek N45.55;E18.70 | 1 | ✓ |
| | | | Dunav- Batina N45.85;E18.85 | 0 | ✓(1) |
| | | | Dunav-Vukovar N45.35;E19.01 | 1 | ✓ |
| | | Jezera | VR gama spektrometrija | Plitvička jezera N43.88;E15.61 | 2 |
| | Vransko jezero N43.92;E15.51 | | | 2 | ✓ |
| | ⁹⁰ Sr - specifična metoda/ rezidual beta | | Plitvička jezera N43.88;E15.61 | 1 | ✓ |
| | | | Vransko jezero N43.92;E15.51 | 1 | ✓ |
| | Morska voda | gama spektrometrija | Rovinj N45.08;E13.64 | 2 | ✓ |
| | | | Plominski zaljev N45.15;E14,17 | 2 | ✓ |
| | | | Rijeka N45.23;E14.25 | 2 | ✓ |
| | | | Split N43.50;E16.43 | 2 | ✓ |
| | | | Kaštelanski Zaljev N43.54;E16.34 | 2 | ✓ |
| Dubrovnik N42.69;E18.04 | | | 2 | ✓ | |
| ⁹⁰ Sr- specifično mjerenje | | Rovinj, Split | 2 | ✓ | |
| ²²⁶ Ra | 2 lokacije Plomin i Kaštela | 4 | ✓ | | |

*u zagradama je broj analiziranih uzoraka

| Medij | | Mjerna metoda, radionuklid u uzorku | Lokacije | Broj god mjerjenja | Provedeno uzorkovanje i mjerenje* |
|---|--|---|--|---|-----------------------------------|
| Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u bioindikatorskim organizmima | | VR gama spektrometrija | 6 lokacija duž jadranske obale | 1 | ✓ |
| Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u mlijeku | | VR gama spektrometrija | Zagreb | 12 | ✓ |
| | | | Osijek | 4 | ✓ |
| | | | Varaždin | 4 | ✓ |
| | | | Zadar | 4 | ✓ |
| | | ⁹⁰ Sr - specifično mjerenje | Zagreb | 12 | ✓ |
| | | | Osijek | 4 | ✓(6) |
| | | | Varaždin | 4 | ✓(6) |
| | | | Zadar | 4 | ✓(6) |
| Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u hrani | Hrana pojedinačno, najčešće korištene namirnice - povrća, voće, meso, ribe, žitarice; divljač, šumsko voće, gljive. 8-10 uzoraka po regiji | VR gama spektrometrija | 3 regije- Zagreb, Zadar, Osijek | 27 | ✓ |
| | | ⁹⁰ Sr - specifično mjerenje | 3 regije- Zagreb, Zadar, Osijek | 21 | ✓ |
| | Cjeloviti obroci | VR gama spektrometrija | Zagreb vrtići ili menze | 5 | ✓ |
| | | ⁹⁰ Sr - specifično mjerenje | Zagreb vrtići ili menze | 5 | ✓ |
| | Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u hrani za životinje | | VR gama spektrometrija | slavonska i priobalna regija - trava, lucerna, silaža | 3 |
| ⁹⁰ Sr - specifično mjerenje | | | slavonska i priobalna regija - trava, lucerna, silaža | 3 | ✓ |
| Mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta | | TL dozimetri ili uređaji za neprekidno mjerenje brzine doze | Kutina, Molve, Petrinja, Kostajnica, Dvor, Matijevići, Zagreb, Osijek, Sl. Brod, Županja | 20 | ✓ |

*u zagradama je broj analiziranih uzoraka

GEOGRAFSKE KOORDINATE MJESTA MJERENJA I UZMANJA UZORAKA

| Mjesto | Geografska širina N | Geografska dužina E | Nadmorska visina m |
|------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| Bale | 45°02'22,78" | 13°47'10,11" | 142 |
| Bjelovar | 45°53'52,64" | 16°50'30,38" | 135 |
| Čilipi | 42°33'37,92" | 18°15'42,96" | 160 |
| Čakovec | 46°23'23,25" | 16°26'16,63" | 164 |
| Doli | 42°48'48,73" | 17°46'56,39" | 110 |
| Dubrovnik | 42°41'26,40" | 18°02'24,33" | 0 |
| Dvor | 45°04'16,00" | 16°22'32,00" | 167 |
| Đakovo | 45°18'36,35" | 18°24'37,10" | 111 |
| Gospić | 44°30'54,30" | 15°18'24,25" | 565 |
| Karlovac | 45°32'11,53" | 15°35'18,23" | 112 |
| Konavli | 42°34'47,57" | 18°13'05,76" | 161 |
| Kostajnica | 45°13'41,61" | 16°32'24,52" | 113 |
| Kutina | 45°28'38,2" | 16°46'46,9" | 104 |
| Marina | 43°30'47,13" | 16°06'36,84" | 4 |
| Matijevići | 45°03'02,32" | 16°22'07,26" | 126 |
| Molve | 46°06'32,43" | 17°00'10,17" | 121 |
| Osijek | 45°34'00,81" | 18°39'58,17" | 81 |
| Pag | 44°38'38,09" | 14°47'15,98" | 71 |
| Petrinja | 45°26'26,08" | 16°16'34,78" | 10 |
| Plitvice | 44°52'49,62" | 15°37'03,28" | 613 |
| Plomin | 45°08'02,67" | 14°10'35,04" | 0 |
| Poreč | 45°13'37,04" | 13°35'45,78" | 20 |
| Pula | 44°53'56,30" | 13°55'24,22" | 70 |
| Rijeka | 45°14'15,56" | 14°15'21,05" | 0 |
| Rovinj | 45°05'05,01" | 13°38'03,42" | 0 |

GEOGRAFSKE KOORDINATE MJESTA MJERENJA I UZIMANJA UZORAKA

| Mjesto | Geografska širina N | Geografska dužina E | Nadmorska visina m |
|----------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| Sisak | 45°28'58,15" | 15°23'14,58" | 99 |
| Slavonski Brod | 45°09'34,21" | 18°01'11,26" | 92 |
| Skradin | 43°48'06,24" | 15°57'54,14" | 64 |
| Split | 43°30'25,28" | 16°26'21,57" | 0 |
| Ston | 42°50'48,05" | 17°42'14,55" | 156 |
| Šibenik | 43°44'01,97" | 15°53'51,99" | 30 |
| Varaždin | 46°19'18,64" | 16°21'24,72" | 173 |
| Vrana | 43°55'47,37" | 15°30'45,04" | 113 |
| Zadar | 44°07'48,29" | 15°12'21,50" | 1 |
| Zagreb - IMI | 45°50'02,50" | 15°58'42,86" | 165 |
| Zagreb - VP | 45°47'05,47" | 15°54'06,74" | 130 |
| Zagreb - Sava | 45°47'23,24" | 15°58'51,41" | 111 |
| Županja | 45°04'19,22" | 18°41'05,40" | 80 |

POPIS I KARAKTERISTIKE MJERNE OPREME

Određivanje radionuklida visokorezolucijskom gamaspektrometrijom u energijskom rasponu 40 – 2000 keV:

- Ge(Li) detektor ORTEC
(rezolucija 1,87 keV na 1,33 MeV, ^{60}Co , relativna efikasnost 15,4 % na 1,33 MeV, ^{60}Co)
- HP Ge GEM detektor ORTEC
(rezolucija 1,75 keV na 1,33 MeV, ^{60}Co , relativna efikasnost 21 % na 1,33 MeV, ^{60}Co)
- HP Ge GMX detektor ORTEC
(rezolucija 2,24 keV na 1,33 MeV, ^{60}Co , relativna efikasnost 74,3 % na 1,33 MeV, ^{60}Co)
- P-type coaxial detector Canberra
(rezolucija 1,90 keV na 1,33 MeV, ^{60}Co , relativna efikasnost 54 % na 1,33 MeV, ^{60}Co)
- HP Ge GEM50 detektor ORTEC
(rezolucija 1,90 keV na 1,33 MeV, ^{60}Co , relativna efikasnost 50 % na 1,33 MeV, ^{60}Co)
- HP Ge GEM100 detektor ORTEC
(rezolucija 2,10 keV na 1,33 MeV, ^{60}Co , relativna efikasnost 100 % na 1,33 MeV, ^{60}Co)
- HP Ge GEM130 detektor ORTEC
(rezolucija 2,10 keV na 1,33 MeV, ^{60}Co , relativna efikasnost 130 % na 1,33 MeV, ^{60}Co)

Detektori su smješteni u olovne oklope kako bi se osiguralo nisko osnovno zračenje; povezani su s višekanalnim analizatorima za skupljanje spektara. Spektri se analiziraju na računalima s instaliranim programskim paketima za obradu spektara. Programski paket za analizu spektara je GammaVision proizvođača ORTEC.

Određivanje koncentracije aktivnosti ^{90}Sr , ukupna beta:

BETA multicounter system RISØ GM-25-5

(4 sustava s ukupno 20 detektora; efikasnosti brojača ~23% za ^{90}Y)

Određivanje koncentracije aktivnosti ^{226}Ra :

Alpha Analyst PIPS detector- Canberra

(10 detektora; aktivna površina 450 mm², alfa rezolucija za ^{241}Am 19 keV; efikasnost ~12-15%)

Mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta

Pasivni uređaji za mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta

TLD Panasonic UD-804

Uređaj za mjerenje brzine ambijentalnog doznog ekvivalenta (ALARA)

Kalibracija efikasnosti svih detektora (gama, beta, alfa) provodi se redovito standardima Češkog metrološkog instituta, osiguranje kvalitete određivanja radionuklida provodi se sustavnim sudjelovanjima u međulaboratorijskim ispitivanjima u organizaciji Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) i Zajedničkog istraživačkog centra JRC EC.

1. AMBIJENTALNI DOZNI EKVIVALENT



1. MJERENJE AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, $H^*(10)$

1.1. BRZINA AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, $H^*(10)/t$

Operativna veličina za procjenu efektivne doze od vanjskog ozračenja je ambijentalni dozni ekvivalent, $H^*(10)$. Mjerenje brzine ambijentalnog dozno ekvivalenta provodi se na lokaciji Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada (IMI) neprekidno tijekom cijele godine. Svakodnevno se očitavaju vrijednosti izmjerene tijekom prethodnog dana. Uređaj za mjerenje spojen je na računalo preko kojega se dobivaju zapisi. Neprekidno mjerenje brzine ambijentalnog dozno ekvivalenta aktivnim elektroničkim dozimetrom ALARA ED provodi se i na nekoliko lokacija u Republici Hrvatskoj. Uređaj za mjerenje sprema podatke koji se očitavaju računalom pomoću kojega se dobivaju zapisi, $H^*(10)/t$. Neprekidno mjerenje provodi se i pasivnim dozimetrima (okolišnim termoluminiscentnim dozimetrima - TLD). TL dozimetri se nakon određenog vremena izloženosti (najmanje tri mjeseca) očitavaju u TLD čitaču. Dobivaju se podaci o ukupnoj vrijednosti $H^*(10)$ tijekom vremena izloženosti TLD-a. Iz očitanih vrijednosti određuje se prosječna vrijednost $H^*(10)/t$ za vrijeme izloženosti TLD-a.

ZAGREB, IMI

| | $H^*(10)/t$ / nSv h^{-1} | | |
|-----------------------|----------------------------|-------|-------|
| 1.1. – 1.7.2021. | 119 ± 4 | 131,1 | 116,2 |
| 1.7.2021. – 1.1.2022. | 122 ± 4 | 131,2 | 117,2 |
| Prosjek | 120,6 ± 4,3 | | |
| Maksimum | | 131,2 | |
| Minimum | | | 116,2 |

KUTINA

| | $H^*(10)/t$ / nSv h^{-1} | | |
|-----------------------|----------------------------|-------|------|
| 1.1. – 1.7.2021. | 94 ± 8 | 101,1 | 85,0 |
| 1.7.2021. – 1.1.2022. | 95 ± 11 | 112,7 | 82,9 |
| Prosjek | 94,7 ± 9,5 | | |
| Maksimum | | 112,7 | |
| Minimum | | | 82,9 |

1. MJERENJE AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, $H^*(10)$

1.1. BRZINA AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, $H^*(10)/t$

MOLVE

| | $H^*(10)/t / \text{nSvh}^{-1}$ | | |
|-----------------------|--------------------------------|-------------|-------------|
| 1.1. – 1.7.2021. | 83 ± 7 | 88,4 | 73,3 |
| 1.7.2021. – 1.1.2022. | 82 ± 6 | 87,6 | 78,0 |
| Prosjek | 82,3 ± 6,9 | | |
| Maksimum | | 88,4 | |
| Minimum | | | 73,3 |

PETRINJA

| | $H^*(10)/t / \text{nSvh}^{-1}$ | | |
|-----------------------|--------------------------------|--------------|-------------|
| 1.1. – 1.7.2021. | 87 ± 9 | 118,0 | 52,1 |
| 1.7.2021. – 1.1.2022. | 93 ± 9 | 124,0 | 59,0 |
| Prosjek | 87,7 ± 8,2 | | |
| Maksimum | | 124,0 | |
| Minimum | | | 52,1 |

DVOR

| | $H^*(10)/t / \text{nSvh}^{-1}$ | | |
|-----------------------|--------------------------------|--------------|-------------|
| 1.1. – 1.7.2021. | 98 ± 7 | 101,2 | 95,5 |
| 1.7.2021. – 1.1.2022. | 97 ± 9 | 102,2 | 91,3 |
| Prosjek | 97,4 ± 7,9 | | |
| Maksimum | | 102,2 | |
| Minimum | | | 91,3 |

OSIJEK

| | $H^*(10)/t / \text{nSvh}^{-1}$ | | |
|-----------------------|--------------------------------|--------------|-------------|
| 1.1. – 1.7.2021. | 94 ± 8 | 99,4 | 83,7 |
| 1.7.2021. – 1.1.2022. | 95 ± 8 | 104,8 | 91,8 |
| Prosjek | 95,0 ± 7,7 | | |
| Maksimum | | 104,8 | |
| Minimum | | | 83,7 |

1. MJERENJE AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, $H^*(10)$

1.1. BRZINA AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, $H^*(10)/t$

SLAVONSKI BROD

| | $H^*(10)/t / nSvh^{-1}$ | | |
|-----------------------|-------------------------|--------------|-------------|
| 1.1. – 1.7.2021. | 98 ± 7 | 101,7 | 93,1 |
| 1.7.2021. – 1.1.2022. | 97 ± 7 | 99,7 | 93,5 |
| Prosjek | 97,4 ± 7,4 | | |
| Maksimum | | 101,7 | |
| Minimum | | | 93,8 |

ŽUPANJA

| | $H^*(10)/t / nSvh^{-1}$ | | |
|-----------------------|-------------------------|--------------|--------------|
| 1.1. – 1.7.2021. | 110 ± 7 | 115,7 | 106,1 |
| 1.7.2021. – 1.1.2022. | 108 ± 7 | 114,4 | 105,2 |
| Prosjek | 109,0 ± 6,9 | | |
| Maksimum | | 115,7 | |
| Minimum | | | 105,2 |

MATIJEVIĆI

| | $H^*(10)/t / nSvh^{-1}$ | | |
|-----------------------|-------------------------|--------------|-------------|
| 1.1. – 1.7.2021. | 128 ± 4 | 130,8 | 124,7 |
| 1.7.2021. – 1.1.2022. | 62 ± 3 | 64,5 | 60,3 |
| Prosjek | 95 ± 4 | | |
| Maksimum | | 130,8 | |
| Minimum | | | 60,3 |

KOSTAJNICA

| | $H^*(10)/t / nSvh^{-1}$ | | |
|-----------------------|-------------------------|--------------|-------------|
| 1.1. – 1.7.2021. | 131 ± 1 | 133,8 | 132,3 |
| 1.7.2021. – 1.1.2022. | 68 ± 2 | 68,6 | 66,5 |
| Prosjek | 111 ± 24 | | |
| Maksimum | | 133,8 | |
| Minimum | | | 66,5 |

1. MJERENJE AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, $H^*(10)$

1.2. GODIŠNJA EFEKTIVNA DOZA OD VANJSKOG OZRAČENJA

| Mjesto | $H^*(10)$ mSv |
|----------------|------------------|
| Dvor | 0,85 ± 0,03 |
| Petrinja | 0,80 ± 0,10 |
| Kutina | 0,83 ± 0,05 |
| Molve | 0,72 ± 0,06 |
| Osijek | 0,83 ± 0,04 |
| Slavonski Brod | 0,85 ± 0,06 |
| Zagreb - IMI | 1,04 ± 0,04 |
| Županja | 0,96 ± 0,06 |
| Matijevići | 0,83 ± 0,03 |
| Kostajnica | 0,88 ± 0,01 |

2. ZRAK



2.B UKUPNA BETA AKTIVNOST ZRAKA

Uzorci zraka za određivanje ukupne beta aktivnosti skupljaju se pumpanjem srednjeg volumena zraka ($V \approx 100-300 \text{ m}^3/\text{dnevno}$) preko Schneider-Poelman plavih filtara. Dnevni uzorci se mjere antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

PROSJECI, MAKSIMALNE I MINIMALNE VRIJEDNOSTI

ZAGREB

| Mjesec | Prosjeck | Maksimum | Minimum |
|----------|-------------------|------------------|------------------|
| | Bqm ⁻³ | | |
| Siječanj | (8,72 ± 0,46)E-4 | (1,80 ± 0,04)E-3 | (3,93 ± 0,15)E-4 |
| Veljača | (6,31 ± 0,46)E-4 | (1,13 ± 0,03)E-3 | (1,59 ± 0,10)E-4 |
| Ožujak | (8,79 ± 0,31)E-4 | (1,73 ± 0,02)E-3 | (3,90 ± 0,12)E-4 |
| Travanj | (6,79 ± 0,30)E-4 | (1,03 ± 0,02)E-3 | (2,63 ± 0,07)E-4 |
| Svibanj | (1,04 ± 0,03)E-3 | (1,90 ± 0,02)E-3 | (5,40 ± 0,13)E-4 |
| Lipanj | (9,75 ± 0,36)E-4 | (1,93 ± 0,04)E-3 | (4,89 ± 0,11)E-4 |
| Srpanj | (1,05 ± 0,05)E-3 | (1,67 ± 0,04)E-3 | (5,05 ± 0,16)E-4 |
| Kolovoz | (1,09 ± 0,04)E-3 | (1,73 ± 0,02)E-3 | (4,49 ± 0,14)E-4 |
| Rujan | (8,55 ± 0,44)E-4 | (1,70 ± 0,03)E-3 | (2,28 ± 0,11)E-4 |
| Listopad | (1,53 ± 0,08)E-3 | (3,34 ± 0,05)E-3 | (5,10 ± 0,14)E-4 |
| Studen | (1,09 ± 0,06)E-3 | (2,29 ± 0,03)E-3 | (4,08 ± 0,13)E-4 |
| Prosinac | (1,16 ± 0,07)E-3 | (2,09 ± 0,03)E-3 | (7,08 ± 0,26)E-4 |
| Prosjeck | (9,91 ± 0,47)E-4 | | |
| Maksimum | (1,53 ± 0,08)E-3 | (3,34 ± 0,05)E-3 | |
| Minimum | (6,31 ± 0,46)E-4 | | (1,59 ± 0,10)E-4 |

2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA ZRAKA

Na lokaciji IMI – Ksaverska cesta uzorci zraka skupljaju se pumpanjem velikog volumena zraka pomoću ASS-500 HVS (High volume sampler) pumpe kroz Petrianov filtre (FPP-15-1.5) jedan i pol metar iznad tla ($V \approx 400.000 \text{ m}^3/\text{mjesec}$). Nakon gamaspektrometrijskog mjerenja, filtri se spajaju u polugodišnji uzorak i radiokemijski se određuje ^{90}Sr . Na lokaciji Zadar uzorci se skupljaju pumpanjem srednjeg volumena zraka ($V \approx 100\text{-}300 \text{ m}^3/\text{dan}$) kroz Schneider-Poelman plave filtre. Specifično određivanje ^{131}I u zraku provodi se pumpanjem srednjeg volumena zraka ($V \approx 100\text{-}300 \text{ m}^3/\text{dan}$) kroz ugljeni filtar tipa: TE1C TEDA Charcoal Cartridge. Gamaspektrometrijskom analizom svih uzoraka provjerena je prisutnost slijedećih radionuklida:

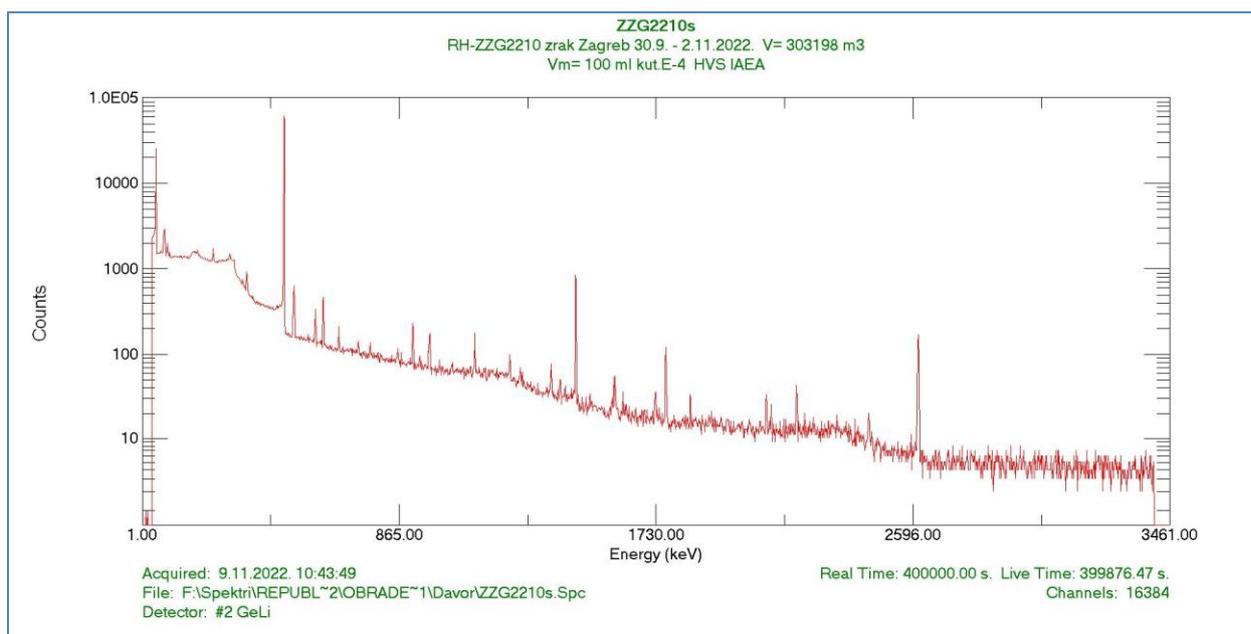
- radionuklidi fisijskog porijekla (36 radionuklida):

^{24}Na , ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{56}Mn , ^{57}Co , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{59}Fe , ^{65}Zn , ^{88}Pb , ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{99}Mo , $^{99\text{m}}\text{Te}$, ^{103}Ru , ^{106}Ru , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{124}Sb , ^{125}Sb , ^{129}I , ^{131}I , ^{132}I , ^{133}I , ^{134}I , ^{135}I , ^{132}Te , ^{134}Cs , ^{136}Cs , ^{137}Cs , ^{138}Cs , ^{140}Ba , ^{140}La , ^{141}Ce , ^{144}Ce , ^{239}Np , ^{241}Am .

- prirodni radionuklidi (14 radionuklida):

^7Be , ^{40}K , ^{208}Tl , ^{212}Bi , ^{214}Bi , ^{210}Pb , ^{212}Pb , ^{214}Pb , ^{226}Ra , ^{228}Ac , $^{234\text{m}}\text{Pa}$, ^{234}Th , ^{235}U , ^{238}U .

Izvršeni su radionuklidi čija je prisutnost pronađena odnosno radionuklidi od posebnog interesa. Primjer gamaspektra prikazan je na slijedećoj slici 1.



Slika 1. Gamaspektar uzorka zraka skupljenog tijekom listopada 2022. godine

2.G

GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA ZRAKA

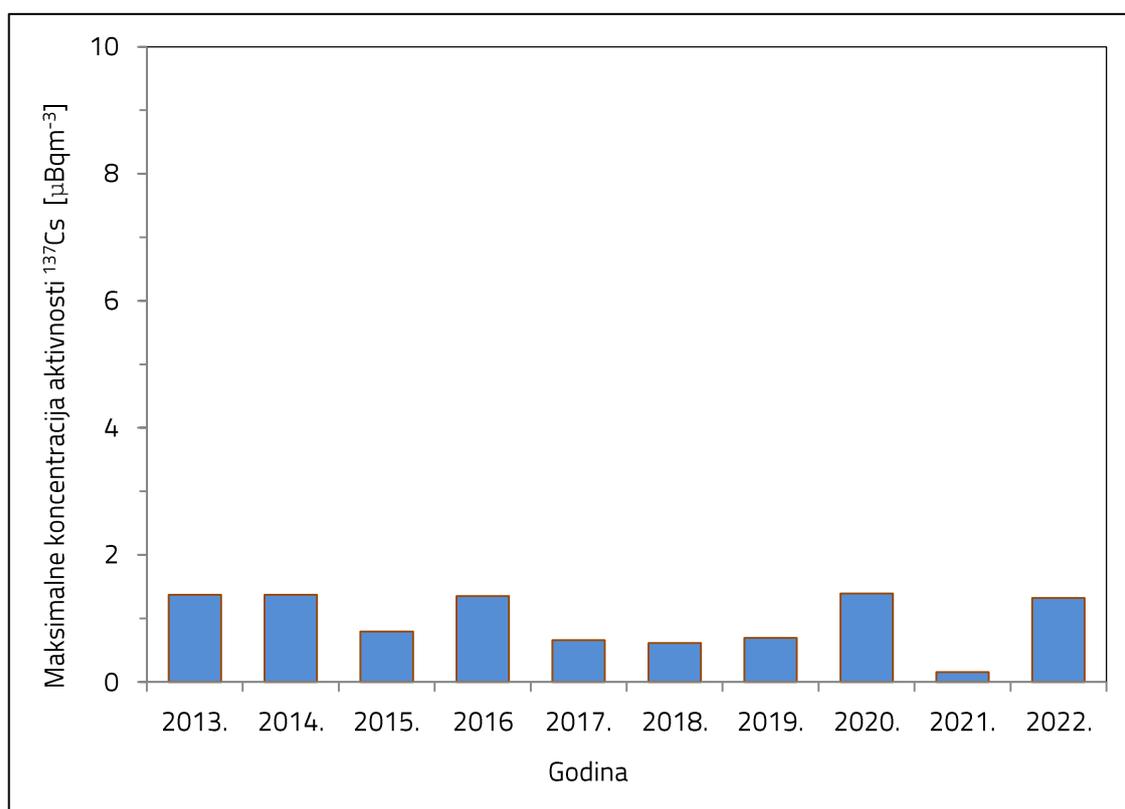
ZAGREB

| Razdoblje | ⁷ Be | ¹³⁷ Cs [Bqm ⁻³] | ⁴⁰ K |
|------------------------|------------------|---|------------------|
| 31.12.2021.-31.1.2022. | (2,63 ± 0,01)E-3 | (5,84 ± 0,34)E-7 | (7,09 ± 0,10)E-6 |
| 31.1.-1.3.2022. | (3,74 ± 0,01)E-3 | (4,92 ± 0,31)E-7 | (1,79 ± 0,03)E-5 |
| 1.3.-1.4. 2022. | (4,96 ± 0,01)E-3 | (5,41 ± 0,31)E-7 | (7,16 ± 0,11)E-6 |
| 1.4.-1.5. 2022. | (3,73 ± 0,01)E-3 | (2,63 ± 0,18)E-7 | (7,81 ± 0,11)E-6 |
| 1.5.-1.6. 2022. | (5,79 ± 0,01)E-3 | (5,08 ± 0,30)E-7 | (3,94 ± 0,07)E-6 |
| 1.6.-1.7. 2022. | (5,55 ± 0,01)E-3 | (5,71 ± 0,51)E-7 | (2,04 ± 0,04)E-5 |
| 1.7.-1.8. 2022. | (4,63 ± 0,01)E-3 | (2,69 ± 0,24)E-7 | (1,03 ± 0,02)E-5 |
| 1.8.-1.9. 2022. | (5,06 ± 0,01)E-3 | (2,25 ± 0,23)E-7 | (9,26 ± 0,15)E-6 |
| 1.9.-30.9. 2022. | (3,04 ± 0,01)E-3 | (3,51 ± 0,31)E-7 | (1,20 ± 0,02)E-5 |
| 30.9.-2.11. 2022. | (3,51 ± 0,01)E-3 | (5,34 ± 0,39)E-7 | (1,25 ± 0,02)E-5 |
| 2.11.-30.11. 2022. | (1,58 ± 0,01)E-3 | (1,19 ± 0,07)E-6 | (1,22 ± 0,02)E-5 |
| 30.11.-1.1.2023. | (1,54 ± 0,01)E-3 | (1,32 ± 0,07)E-6 | (1,20 ± 0,02)E-5 |

ZADAR

| Mjeseci | ⁷ Be | ¹³⁷ Cs [Bqm ⁻³] | ⁴⁰ K |
|------------------|------------------|---|------------------|
| I, II. i III. | (5,26 ± 0,15)E-3 | <6,09E-6 | <5,52E-5 |
| IV, V. i VI. | (60,4 ± 0,13)E-3 | <5,25E-6 | (1,05 ± 0,02)E-4 |
| VII, VIII. i IX. | (4,30 ± 0,10)E-3 | <5,11E-6 | (1,95 ± 0,04)E-4 |
| X, XI. i XII. | (3,47 ± 0,07)E-3 | <4,62E-6 | (9,43 ± 0,14)E-5 |

U uzorcima zraka u Zagrebu najviša vrijednost koncentracije aktivnosti ^{137}Cs od $1,32 \mu\text{Bqm}^{-3}$ izmjerena je tijekom prosinca 2022. godine (slika 2.). Od prirodnih radionuklida izmjerene su vrijednosti za kozmogeni ^7Be i terestrijalni ^{40}K . Vrijednosti koncentracija aktivnosti ^7Be u uzorcima zraka skupljenima u Zagrebu nisu odstupale od prošlogodišnjih vrijednosti i kretale su se od $1,54 \text{mBqm}^{-3}$ tijekom prosinca do $5,79 \text{mBqm}^{-3}$ u svibnju 2022. godine. Koncentracije aktivnosti ^{40}K kretale su se od $3,94 \mu\text{Bqm}^{-3}$ u svibnju do $20,4 \mu\text{Bqm}^{-3}$ u lipnju 2022. godine.



Slika 2. Najveće koncentracije ^{137}Cs u mjesečnim uzorcima zraka u gradu Zagrebu tijekom razdoblja 2013. – 2022.

2.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ⁹⁰Sr U ZRAKU

Uzorci zraka skupljaju se pumpanjem velikog volumena zraka pomoću ASS-500 HVS (High volume sampler) pumpe kroz Petrianov filtre (FPP-15-1.5) jedan i pol metar iznad tla. Uzorak se raščinjava dušičnom i klorovodičnom kiselinom uz prisustvo nosača stroncija. Iz dušično kisele otopine najprije se uklanja silicij, a nakon toga se talože stroncij i kalcij koji se kasnije odvajaju pomoću dušične kiseline. Nakon čišćenja ostalih primjesa, otopini stroncija dodaje se itrij nosač (⁹⁰Y) i ostavi stajati oko šesnaest dana da se postigne radioaktivna ravnoteža. Nakon toga se ⁹⁰Y odvaja i mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

ZAGREB

| Mjeseci | ⁹⁰ Sr [Bqm ⁻³] |
|-----------|--|
| I-VI. | (4,25 ± 3,11) E-8 |
| VII.-XII. | (2,2 ± 0,55) E-7 |

Koncentracija aktivnosti ⁹⁰Sr u kompozitnim uzorcima zraka u 2022. godini je neznatno viša od granice detekcije.

2.J SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ¹³¹I U ZRAKU

ZAGREB

Uzorci zraka za specifično određivanje izotopa joda skupljaju se neprekidnim pumpanjem zraka kroz filtre za jod (TE1C TEDA Charcoal Cartridge) postavljenih jedan metar iznad tla tijekom 14 dana. Filtri se neposredno po prestanku pumpanja zraka gamaspektrometrijski analiziraju na prisutnost izotopa joda (tijekom 80000 sekundi). Provodi se izračun vremenske korekcije na razdoblje uzorkovanja.

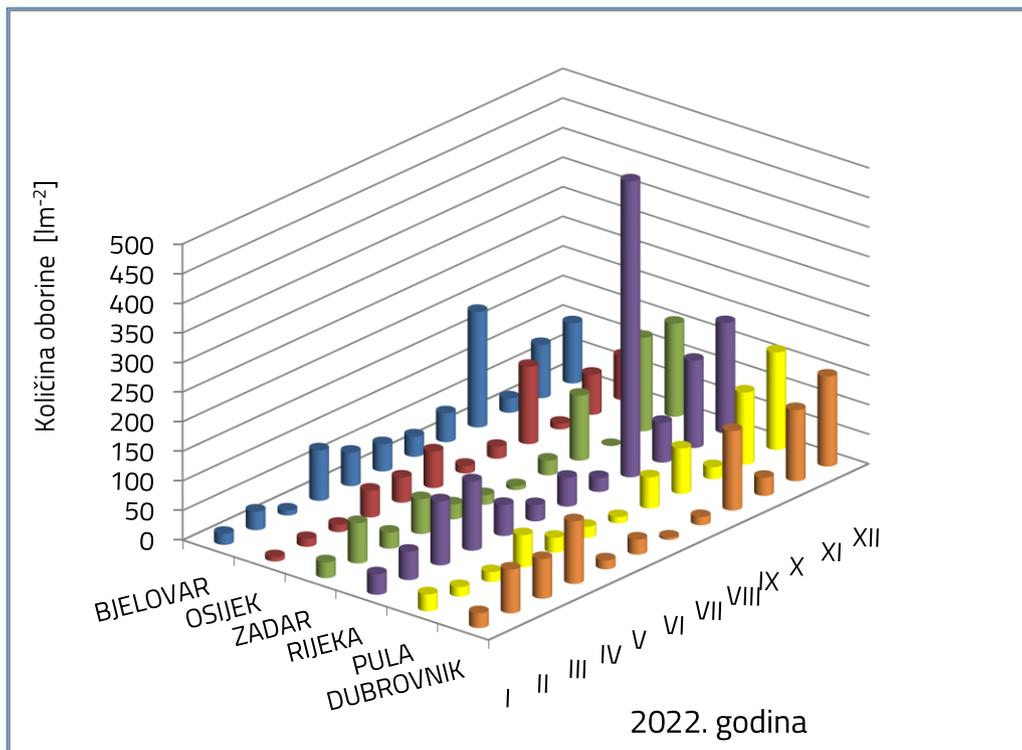
| Razdoblje | Specifična aktivnost ¹³¹ I [Bqm ⁻³] |
|------------------|---|
| 3.-17.1. 2022. | < 2,98E-5 |
| 7.-21.2. 2022. | < 5,96E-5 |
| 14.-21.3. 2022. | < 3,62E-5 |
| 18.-25.4. 2022. | < 6,70E-5 |
| 9.-16.5. 2022. | < 5,26E-5 |
| 6.-13.6. 2022. | < 3,13E-5 |
| 11.-18.7. 2022. | < 2,25E-5 |
| 16.-22.8. 2022. | < 3,12E-5 |
| 5.-12.9. 2022. | < 6,70E-5 |
| 10.-17.10. 2022. | < 5,17E-5 |
| 7.-14.11. 2022. | < 4,85E-5 |
| 8.-19.12. 2022. | < 6,07E-5 |

U svim uzorcima u 2022. godini koncentracije aktivnosti ¹³¹I u zraku bile su ispod granice detekcije.

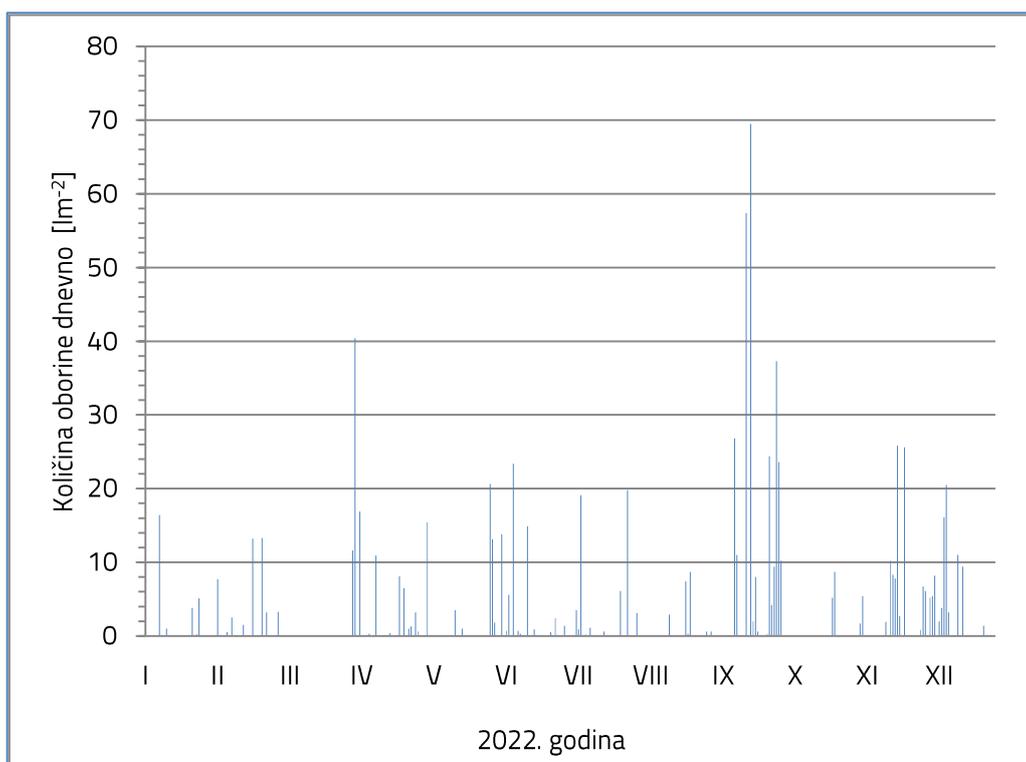
3. OBORINA



KOLIČINA OBORINE U 2022. GODINI



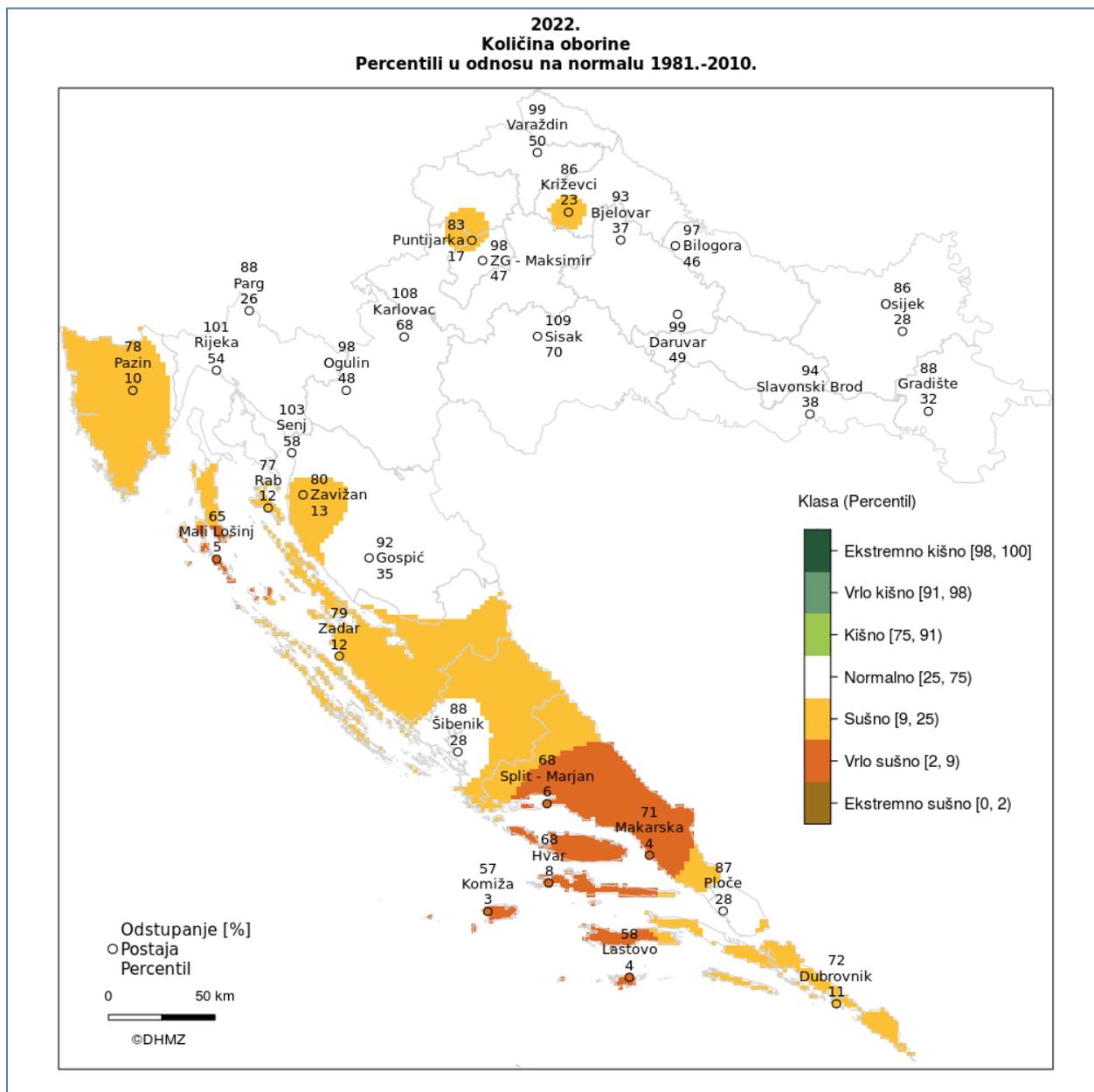
Slika 3. Količina oborine [Lm^2] u Republici Hrvatskoj



Slika 4. Količina oborine [Lm^2] u Gradu Zagrebu

KOLIČINE OBORINE U 2022. GODINI

Analiza godišnjih količina oborine koje su izražene u postotcima (%) višegodišnjeg prosjeka (1961.-2010.) pokazuje da je u 2022. godini u Hrvatskoj na većem broju analiziranih postaja oborine bilo normalno u odnosu na prosjek.



Slika 5. Količina oborine 2022. godine u odnosu na normalu 1981.-2010. (Izvor: DHMZ, 2023)

Odstupanja količine oborine u 2022. godini u odnosu na normalu 1981. – 2010. nalaze u rasponu od 57 % višegodišnjeg prosjeka u Komiži (410,0 mm) do 109 % Sisku (1002,8 mm). Analiza odstupanja količina oborine za godinu 2022. izraženih u postotcima (%) višegodišnjeg prosjeka pokazuje da su količine oborine na većini analiziranih postaja bile niže, a samo na četiri neznatno više od višegodišnjeg prosjeka.

Oborinske prilike u Hrvatskoj u 2022. godini izražene percentilima bile su normalne do sušne ili vrlo sušne. Detaljnije su oborinske prilike opisane sljedećim kategorijama: vrlo sušno (otok Lošinj, veći dio srednje Dalmacije, otoci Korčula i Lastovo), sušno (okolica Križevaca i Puntijarke, Istra, dio otoka Cres i otok Rab, dio sjevernog Velebita, veći dio sjeverne Dalmacije, dio srednje i veći dio južne Dalmacije) i normalno (istočna Hrvatska, veći dio središnje i gorske Hrvatske, dio Kvarnera, šibensko područje, okolica Ploča).

Oborina se skuplja svakodnevno (u dane s oborinom) preko lijevaka površine 1 m² postavljenih na jedan metar iznad tla. U dnevnim uzorcima oborine određuje se ukupna beta aktivnost nakon 120 sati od uzorkovanja. Mjerenje beta radioaktivnosti provodi se u antikoincidentnim beta brojaču niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5. Dnevni se uzorci spajaju u mjesečni (tromjesečni odnosno polugodišnji) zbrojni uzorak koji se uparava za potrebe gamaspektrometrijske analize, te za radiokemijsko određivanje stroncija i eventualno drugih radionuklida.

3.B UKUPNA BETA AKTIVNOST OBORINE

UKUPNO, PROSJECI, MAKSIMALNE I MINIMALNE VRIJEDNOSTI

ZAGREB

| Mjesec (n)* | Količina oborine | Ukupno | Prosjek | Maksimum | Minimum |
|-----------------|---------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Lm ⁻² | | | | |
| Siječanj (6) | 34,2 | 1,95 | (3,24 ± 0,22)E-1 | (6,69 ± 0,22)E-1 | (6,39 ± 0,23)E-3 |
| Veljača (7) | 37,5 | 0,86 | (1,23 ± 0,15)E-1 | (3,34 ± 0,14)E-1 | (9,82 ± 0,23)E-3 |
| Ožujak (2) | 52,0 | 1,48 | (7,38 ± 0,45)E-1 | (1,08 ± 0,03)E+0 | (3,94 ± 0,09)E-1 |
| Travanj (10) | 49,2 | 1,23 | (1,23 ± 0,12)E-1 | (3,48 ± 0,12)E-1 | (1,00 ± 0,04)E-2 |
| Svibanj (6) | 55,4 | 2,05 | (3,42 ± 0,26)E-1 | (9,96 ± 0,17)E-1 | (2,92 ± 0,18)E-2 |
| Lipanj (11) | 64,6 | 2,55 | (2,32 ± 0,15)E-1 | (8,69 ± 0,12)E-1 | (1,00 ± 0,04)E-2 |
| Srpanj (9) | 54,4 | 5,49 | (6,10 ± 0,30)E-1 | (3,49 ± 0,04)E+0 | (4,00 ± 0,13)E-3 |
| Kolovoz (6) | 20,5 | 0,96 | (1,60 ± 0,10)E-1 | (3,26 ± 0,08)E-1 | (9,20 ± 0,27)E-3 |
| Rujan (14) | 284,6 | 9,11 | (6,51 ± 0,65)E-1 | (2,57 ± 0,09)E+0 | (5,29 ± 0,46)E-3 |
| Listopad (2) | 13,9 | 1,99 | (9,93 ± 0,27)E-1 | (9,99 ± 0,15)E-1 | (9,87 ± 0,12)E-1 |
| Studeni (11) | 96,9 | 3,25 | (2,96 ± 0,22)E-1 | (8,78 ± 0,11)E-1 | (2,39 ± 0,09)E-2 |
| Prosinac (12) | 92,3 | 2,10 | (1,75 ± 0,20)E-1 | (5,48 ± 0,20)E-1 | (2,55 ± 0,17)E-2 |
| Ukupno | 855,5 | 33,01 | | | |
| Prosjek | | | (3,44 ± 0,31)E-1 | | |
| Maksimum | | 9,11 | (9,93 ± 0,27)E-1 | (3,49 ± 0,04)E+0 | |
| Minimum | | 0,86 | (1,23 ± 0,12)E-1 | | (4,00 ± 0,13)E-3 |

*n - broj dana s oborinom u pojedinom mjesecu

Ukupna beta aktivnost mjerena je u dnevnim uzorcima oborine skupljenim u Zagrebu. Jedna litra dnevnog uzorka propušta se preko iono-izmjenjivačke smole koja se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5. Tijekom 2022. godine izmjerena je maksimalna ukupna beta aktivnost od 3,49 Bqm⁻² u srpnju 2022. Minimalna ukupna beta aktivnost bila je 4,00 mBqm⁻² izmjerena također u srpnju 2022.

3.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA OBORINE

Gamaspektrometrijska analiza oborine provedena je na tromjesečnim uzorcima skupljenima u Zagrebu i Zadru, te na polugodišnjim uzorcima skupljenima u Bjelovaru, Osijeku, Puli, Rijeci i Dubrovniku.

| ZAGREB | | ⁷ Be | ¹³⁷ Cs | ⁴⁰ K |
|------------|----------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Mjeseci | | | | |
| I. - III. | [Bqm ⁻³] | (1,27 ± 0,01)E+3 | < 2,98E-1 | (2,18 ± 0,09)E+1 |
| | [Bqm ⁻²] | (1,57 ± 0,01)E+2 | < 3,68E-2 | (2,70 ± 0,11)E+0 |
| IV. - VI. | [Bqm ⁻³] | (3,11 ± 0,01)E+3 | < 4,71E-1 | (5,86 ± 0,37)E+0 |
| | [Bqm ⁻²] | (5,24 ± 0,06)E+2 | < 7,94E-2 | (9,90 ± 0,61)E-1 |
| VII. - IX. | [Bqm ⁻³] | (8,94 ± 0,05)E+2 | < 4,73E-1 | (4,58 ± 0,13)E+1 |
| | [Bqm ⁻²] | (3,21 ± 0,02)E+2 | < 1,70E-1 | (1,65 ± 0,05)E+1 |
| X. - XII. | [Bqm ⁻³] | (3,64 ± 0,03)E+2 | < 5,65E-1 | (9,62 ± 0,02)E+1 |
| | [Bqm ⁻²] | (7,40 ± 0,07)E+1 | < 1,15E-1 | (1,95 ± 0,03)E+1 |

| ZADAR | | ⁷ Be | ¹³⁷ Cs | ⁴⁰ K |
|------------|----------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Mjeseci | | | | |
| I. - III. | [Bqm ⁻³] | (8,77 ± 0,24)E+2 | < 1,25E+0 | < 1,39E+1 |
| | [Bqm ⁻²] | (1,07 ± 0,03)E+2 | < 1,53E-1 | < 1,69E+0 |
| IV. - VI. | [Bqm ⁻³] | (2,49 ± 0,28)E+2 | < 3,19E+0 | < 3,42E+1 |
| | [Bqm ⁻²] | (2,50 ± 0,28)E+1 | < 3,20E-1 | < 3,43E+0 |
| VII. - IX. | [Bqm ⁻³] | (5,69 ± 0,39)E+2 | < 7,21E+0 | < 7,09E+1 |
| | [Bqm ⁻²] | (8,04 ± 0,56)E+1 | < 1,02E+0 | < 1,00E+1 |
| X. - XII. | [Bqm ⁻³] | (1,34 ± 0,39)E+2 | < 2,48E+0 | (3,81 ± 0,19)E+1 |
| | [Bqm ⁻²] | (4,23 ± 1,23)E+1 | < 7,83E-1 | (1,20 ± 0,06)E+1 |

3.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA OBORINE

| OSIJEK | | ⁷ Be | ¹³⁷ Cs | ⁴⁰ K |
|------------|----------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Mjeseci | | | | |
| I - VI. | [Bqm ⁻³] | (7,82 ± 0,63)E+2 | < 1,70E+0 | < 1,75E+1 |
| | [Bqm ⁻²] | (1,43 ± 0,11)E+2 | < 3,11E-1 | < 3,19E+0 |
| VII - XII. | [Bqm ⁻³] | (1,29 ± 0,02)E+3 | < 1,96E+0 | (1,10 ± 0,03)E+2 |
| | [Bqm ⁻²] | (4,07 ± 0,07)E+2 | < 6,16E-1 | (3,44 ± 0,10)E+1 |

| BJELOVAR | | ⁷ Be | ¹³⁷ Cs | ⁴⁰ K |
|------------|----------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Mjeseci | | | | |
| I - VI. | [Bqm ⁻³] | (3,16 ± 0,89)E+2 | < 1,68E+0 | < 1,72E+1 |
| | [Bqm ⁻²] | (5,92 ± 1,66)E+1 | < 3,14E-1 | < 3,21E+0 |
| VII - XII. | [Bqm ⁻³] | (1,04 ± 0,25)E+2 | < 1,12E+0 | < 1,34E+1 |
| | [Bqm ⁻²] | (4,42 ± 1,06)E+1 | < 4,75E-1 | < 5,73E+0 |

| PULA | | ⁷ Be | ¹³⁷ Cs | ⁴⁰ K |
|------------|----------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Mjeseci | | | | |
| I - VI. | [Bqm ⁻³] | (5,24 ± 1,05)E+2 | < 1,75E+0 | (5,48 ± 0,29)E+1 |
| | [Bqm ⁻²] | (8,37 ± 1,67)E+1 | < 2,79E-1 | (8,75 ± 0,47)E+0 |
| VII - XII. | [Bqm ⁻³] | (3,93 ± 0,43)E+2 | < 1,41E+0 | < 1,80E+1 |
| | [Bqm ⁻²] | (1,75 ± 0,19)E+2 | < 6,29E-1 | < 8,03E+0 |

3.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA OBORINE

| RIJEKA | | | | |
|------------|----------------------|------------------|-------------------|------------------|
| Mjeseci | | ⁷ Be | ¹³⁷ Cs | ⁴⁰ K |
| I - VI. | [Bqm ⁻³] | (1,88 ± 0,08)E+3 | < 1,47E+0 | < 1,50E+1 |
| | [Bqm ⁻²] | (7,29 ± 0,32)E+2 | < 5,69E-1 | < 5,83E+0 |
| VII - XII. | [Bqm ⁻³] | (9,25 ± 0,37)E+2 | < 1,20E+0 | (3,69 ± 0,21)E+1 |
| | [Bqm ⁻²] | (8,49 ± 0,34)E+2 | < 1,10E+0 | (3,39 ± 0,19)E+1 |

| DUBROVNIK | | | | |
|------------|----------------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Mjeseci | | ⁷ Be | ¹³⁷ Cs | ⁴⁰ K |
| I - VI. | [Bqm ⁻³] | (9,61 ± 1,92)E+2 | < 2,88E+0 | < 2,89E+1 |
| | [Bqm ⁻²] | (3,00 ± 0,60)E+2 | < 9,00E-1 | < 9,02E+0 |
| VI. - XII. | [Bqm ⁻³] | (4,33 ± 0,61)E+2 | < 3,36E+0 | < 2,40E+1 |
| | [Bqm ⁻²] | (1,97 ± 0,28)E+2 | < 1,53E+0 | < 1,09E+1 |

3.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ⁹⁰Sr U OBORINAMA

⁹⁰Sr se određuje u zbrojnim mjesečnim (polugodišnjim) uzorcima oborine. Alikvot oborine upari se do suhog. Isparni se ostatak tretira dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstrane sve primjese, a ⁹⁰Sr se određuje ekstrakcijom TBP-om. Dodaje se itrij nosač (⁹⁰Y), odvaja se (radioaktivna ravnoteža sa ⁹⁰Sr) i mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

| ZAGREB | | ⁹⁰ Sr |
|-----------|----------------------|------------------|
| Mjeseci | | |
| I - III. | [Bqm ⁻³] | (1,96 ± 0,48)E+0 |
| | [Bqm ⁻²] | (2,43 ± 0,06)E+0 |
| IV - VI. | [Bqm ⁻³] | (2,19 ± 0,25)E+0 |
| | [Bqm ⁻²] | (3,70 ± 0,40)E-1 |
| VII - IX. | [Bqm ⁻³] | < 1,19E-1 |
| | [Bqm ⁻²] | < 4,30E-2 |
| X - XII. | [Bqm ⁻³] | (1,54 ± 0,88)E-1 |
| | [Bqm ⁻²] | (3,10 ± 1,80)E-2 |

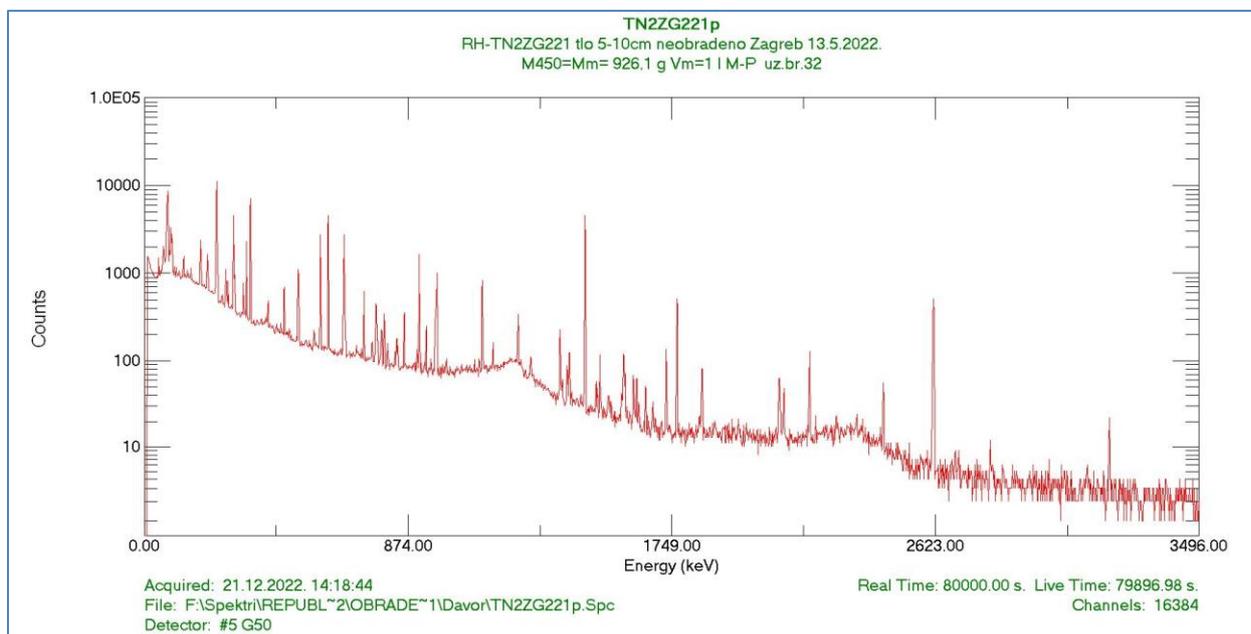
Koncentracije aktivnosti ⁹⁰Sr u uzorcima oborina uzorkovanih u Zagrebu u 2022. godini ne odstupaju značajno od prošlogodišnjih vrijednosti.

4. TLO



4.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA TLA

Uzimanje uzoraka tla provodi se bušačem promjera 10 cm na površini od 1 m² u slojevima 0 – 5, 5 – 10 i 10 – 15 cm za neobrađeno tlo. Uzorci se suše na 105 °C, prosijavaju kroz sito (2 mm) te pakiraju u Marinelli posude za potrebe gamaspektrometrijske analize.



Slika 6. Primjer gamaspektra uzorka tla

4.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA TLA
NEOBRAĐENO TLO

ZAGREB

Datum uzorkovanja: 13.5.2022.

| Sloj [cm] | ¹³⁷ Cs | ⁴⁰ K | K |
|-----------|--|------------------|---------------------------------------|
| 0-5 | [Bqkg ⁻¹] (1,40 ± 0,01)E+1 | (4,59 ± 0,02)E+2 | [gkg ⁻¹] (1,49 ± 0,01)E+1 |
| | [Bqm ⁻²] (5,37 ± 0,04)E+2 | (1,75 ± 0,01)E+4 | [gm ⁻²] (5,67 ± 0,03)E+2 |
| 5-10 | [Bqkg ⁻¹] (1,37 ± 0,01)E+1 | (4,59 ± 0,02)E+2 | [gkg ⁻¹] (1,49 ± 0,01)E+1 |
| | [Bqm ⁻²] (5,23 ± 0,04)E+2 | (1,75 ± 0,01)E+4 | [gm ⁻²] (5,68 ± 0,03)E+2 |
| 10-15 | [Bqkg ⁻¹] (1,33 ± 0,01)E+1 | (4,51 ± 0,02)E+2 | [gkg ⁻¹] (1,46 ± 0,01)E+1 |
| | [Bqm ⁻²] (5,09 ± 0,05)E+2 | (1,72 ± 0,01)E+4 | [gm ⁻²] (5,57 ± 0,03)E+2 |

ZADAR

Datum uzorkovanja: 27.4.2022.

| Sloj [cm] | ¹³⁷ Cs | ⁴⁰ K | K |
|-----------|--|------------------|---------------------------------------|
| 0-5 | [Bqkg ⁻¹] (1,02 ± 0,01)E+1 | (3,62 ± 0,02)E+2 | [gkg ⁻¹] (1,17 ± 0,01)E+1 |
| | [Bqm ⁻²] (3,91 ± 0,04)E+2 | (1,38 ± 0,01)E+4 | [gm ⁻²] (4,47 ± 0,03)E+2 |
| 5-10 | [Bqkg ⁻¹] (1,04 ± 0,01)E+1 | (3,50 ± 0,02)E+2 | [gkg ⁻¹] (1,13 ± 0,01)E+1 |
| | [Bqm ⁻²] (3,98 ± 0,04)E+2 | (1,34 ± 0,01)E+4 | [gm ⁻²] (4,38 ± 0,03)E+2 |
| 10-15 | [Bqkg ⁻¹] (9,27 ± 0,11)E+0 | (3,34 ± 0,02)E+2 | [gkg ⁻¹] (1,08 ± 0,01)E+1 |
| | [Bqm ⁻²] (3,54 ± 0,04)E+2 | (1,28 ± 0,01)E+4 | [gm ⁻²] (4,12 ± 0,02)E+2 |

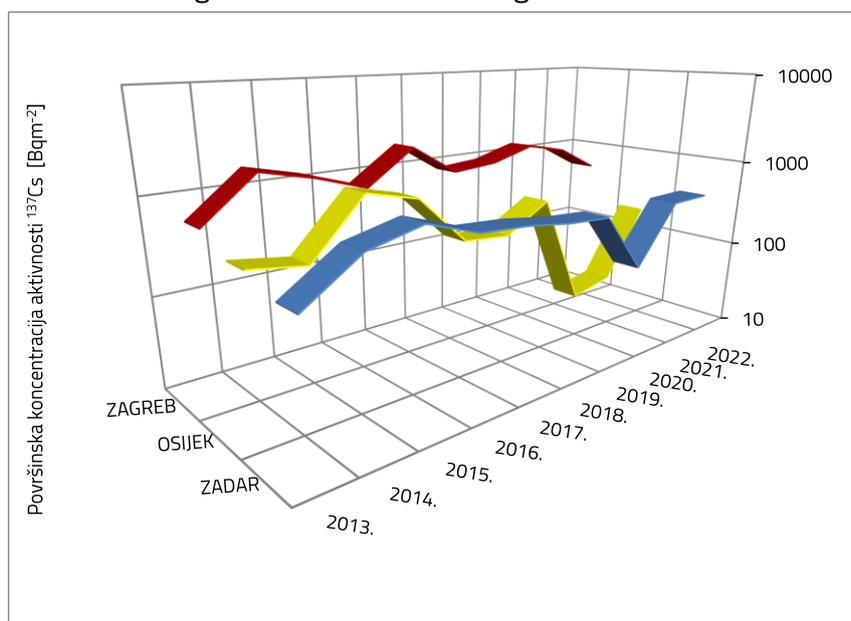
4.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA TLA NEOBRAĐENO TLO

OSIJEK

Datum uzorkovanja: 21.4.2022.

| Sloj [cm] | | ^{137}Cs | ^{40}K | | K |
|-----------|-----------------------|-------------------|------------------|----------------------|------------------|
| 0-5 | [Bqkg ⁻¹] | (4,90 ± 0,09)E+0 | (5,52 ± 0,03)E+2 | [gkg ⁻¹] | (1,79 ± 0,01)E+1 |
| | [Bqm ⁻²] | (1,87 ± 0,03)E+2 | (2,11 ± 0,01)E+4 | [gm ⁻²] | (6,82 ± 0,03)E+2 |
| 5-10 | [Bqkg ⁻¹] | (8,37 ± 0,10)E+0 | (5,59 ± 0,03)E+2 | [gkg ⁻¹] | (1,81 ± 0,01)E+1 |
| | [Bqm ⁻²] | (3,20 ± 0,04)E+2 | (2,14 ± 0,01)E+4 | [gm ⁻²] | (6,91 ± 0,03)E+2 |
| 10-15 | [Bqkg ⁻¹] | (9,09 ± 0,10)E+0 | (5,66 ± 0,03)E+2 | [gkg ⁻¹] | (1,83 ± 0,01)E+1 |
| | [Bqm ⁻²] | (3,47 ± 0,04)E+2 | (2,16 ± 0,01)E+4 | [gm ⁻²] | (6,99 ± 0,03)E+2 |

Na slici 7. prikazane su vrijednosti koncentracija aktivnosti ^{137}Cs [Bq/m²] izmjerenih u prvim slojevima neobrađenog tla od 2013. do 2022. godine.



Slika 7. Koncentracije aktivnosti ^{137}Cs [Bq/m²] izmjerene u prvim slojevima neobrađenog tla

Koncentracije aktivnosti ^{137}Cs izmjerene u prvim slojevima neobrađenih tala iz Zagreba, Zadra i Osijeka nešto su niže od prosječnih vrijednosti u proteklih 10 godina.

4.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ⁹⁰Sr U TLU

Uzorci tla se nakon sušenja, prosijavanja i žarenja obrađuju modificiranom Bryantovom metodom. Kalcij služi kao nosač. Kemijsko iskorištenje stroncija dobije se titracijom kalcija na početku i kraju analize. Itrij se istaloži nakon šesnaest dana i mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

ZAGREB

| <i>Datum uzorkovanja: 13.5.2022.</i> | | |
|--------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| | ⁹⁰ Sr | |
| Sloj [cm] | [Bqkg ⁻¹] | [Bqm ⁻²] |
| 0 - 5 | (1,10 ± 0,09) E+0 | (6,47 ± 0,53) E+1 |
| 5 - 10 | (1,02 ± 0,06) E+0 | (4,68 ± 0,29) E+1 |
| 10 - 15 | (1,89 ± 0,14) E+0 | (1,06 ± 0,08) E+2 |

ZADAR

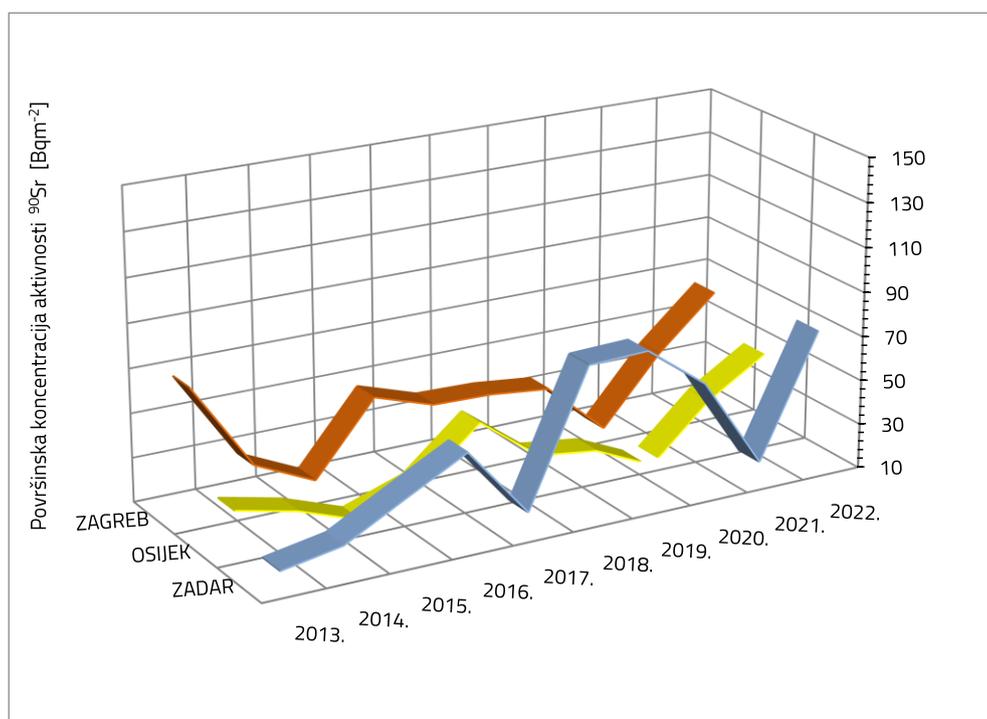
| <i>Datum uzorkovanja: 27.4.2022.</i> | | |
|--------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| | ⁹⁰ Sr | |
| Sloj [cm] | [Bqkg ⁻¹] | [Bqm ⁻²] |
| 0 - 5 | (1,50 ± 0,12) E+0 | (7,16 ± 0,57) E+1 |
| 5 - 10 | (2,00 ± 0,23) E+0 | (1,02 ± 0,12) E+2 |
| 10 - 15 | (1,46 ± 0,12) E+0 | (7,27 ± 0,58) E+1 |

OSIJEK

| <i>Datum uzorkovanja: 21.4.2022.</i> | | |
|--------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| | ⁹⁰ Sr | |
| Sloj [cm] | [Bqkg ⁻¹] | [Bqm ⁻²] |
| 0 - 5 | (8,49 ± 0,67) E-1 | (4,81 ± 0,38) E+1 |
| 5 - 10 | (2,01 ± 0,12) E+0 | (9,88 ± 0,57) E+1 |
| 10 - 15 | (1,44 ± 0,09) E+0 | (6,43 ± 0,42) E+1 |

4.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U TLU

Na uzorcima prvih slojeva neobrađenih uzoraka tala, u kojima je gamaspektrometrijski analiziran ^{137}Cs , radiokemijskom analizom određen je i ^{90}Sr . Na slici 8. prikazani su trendovi koncentracija aktivnosti ^{90}Sr u prvim slojevima neobrađenog tla.



Slika 8. Koncentracije aktivnosti ^{90}Sr [Bq/m²] izmjerene u prvim slojevima neobrađenog tla

Izmjerene koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u prvim slojevima neobrađenog tla nešto su više u odnosu na 2021. godinu na svim lokacijama uzorkovanja, no ne odstupaju značajno u odnosu na višegodišnje prosjeke.

5. RIJEKE



5.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA RJEČNIH VODA

Uzorci riječnih voda volumena od 50 L uparavaju se na volumen od jedne litre za potrebe gamaspektrometrijske analize.

| Mjesto | Datum uzorkovanja | ¹³⁷ Cs | ⁴⁰ K [Bqm ⁻³] | ¹³¹ I |
|--------------------|-------------------|-------------------|---|------------------|
| <i>Rijeka SAVA</i> | | | | |
| ZAGREB | 17.3.2022. | < 9,00E-1 | (6,26 ± 0,31)E+1 | (6,06 ± 1,27)E+1 |
| | 26.5.2022. | < 9,52E-1 | (6,06 ± 0,33)E+1 | < 9,14E-1 |
| | 27.10.2022. | < 6,92E-1 | (1,60 ± 0,09)E+1 | < 6,92E-1 |
| | 8.12.2022. | < 7,86E-1 | (6,56 ± 0,31)E+1 | < 1,00E+0 |
| HARMICA | 7.3.2022. | < 9,81E-1 | (1,05 ± 0,05)E+2 | < 8,67E+0 |
| | 2.5.2022. | (9,31 ± 0,28)E+0 | (5,66 ± 0,11)E+2 | < 1,19E+0 |
| | 27.9.2022. | < 7,86E-1 | (1,10 ± 0,05)E+2 | < 9,95E-1 |
| | 1.12.2022. | < 8,09E-1 | (6,88 ± 0,39)E+1 | < 9,71E-1 |
| SISAK | 14.4.2022. | < 3,51E+0 | (5,82 ± 0,29)E+1 | (3,32 ± 0,06)E+1 |
| | 13.5.2022. | < 8,46E-1 | (5,53 ± 0,26)E+1 | (2,69 ± 0,36)E+1 |
| | 4.10.2022. | < 7,62E-1 | (9,69 ± 0,47)E+1 | (9,47 ± 1,99)E+0 |
| | 13.12.2022. | < 5,53E-1 | (7,50 ± 0,26)E+1 | (5,86 ± 1,35)E+0 |
| ŽUPANJA | 17.2.2022. | < 4,19E-1 | (3,18 ± 0,21)E+1 | < 4,19E-1 |
| | 21.4.2022. | < 1,03E+0 | (4,16 ± 0,23)E+1 | < 1,03E+0 |
| | 6.10.2022. | < 7,96E-1 | (8,84 ± 0,42)E+1 | < 7,69E-1 |
| | 15.12.2022. | (4,83 ± 0,26)E-1 | (7,82 ± 0,27)E+1 | < 5,19E-1 |

5.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA RJEČNIH VODA

| Mjesto | Datum uzorkovanja | ¹³⁷ Cs | ⁴⁰ K |
|---------------------|-------------------|----------------------|------------------|
| | | [Bqm ⁻³] | |
| <i>Rijeka DRAVA</i> | | | |
| VARAŽDIN | 2.5.2022. | < 8,46E-1 | (7,19 ± 0,30)E+1 |
| | 4.10.2022. | < 8,41E-1 | (5,56 ± 0,31)E+1 |
| OSIJEK | 22.4.2022. | < 8,39E-1 | (8,60 ± 0,36)E+1 |
| | 7.10.2022. | (1,23 ± 0,07)E+0 | (1,02 ± 0,05)E+2 |

| Mjesto | Datum uzorkovanja | ¹³⁷ Cs | ⁴⁰ K |
|---------------------|-------------------|----------------------|------------------|
| | | [Bqm ⁻³] | |
| <i>Rijeka DUNAV</i> | | | |
| BATINA | 22.4.2022. | (1,15 ± 0,23)E+0 | (8,23 ± 0,49)E+1 |
| | 7.10.2022. | < 1,60E+0 | (4,73 ± 0,17)E+1 |
| VUKOVAR | 21.4.2022. | < 8,22E-1 | (9,55 ± 0,44)E+1 |
| | 6.10.2022. | < 1,41E+1 | (8,60 ± 0,32)E+1 |

| Mjesto | Datum uzorkovanja | ¹³⁷ Cs | ⁴⁰ K |
|-----------------------|-------------------|----------------------|------------------|
| | | [Bqm ⁻³] | |
| <i>Rijeka NERETVA</i> | | | |
| OPUZEN | 25.5.2022. | < 7,92E-1 | (3,03 ± 0,15)E+1 |

| Mjesto | Datum uzorkovanja | ¹³⁷ Cs | ⁴⁰ K |
|--------------------|-------------------|----------------------|------------------|
| | | [Bqm ⁻³] | |
| <i>Rijeka KRKA</i> | | | |
| SKRADIN | 14.9.2022. | < 6,54E-1 | (1,83 ± 0,11)E+1 |

5.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA RJEČNIH VODA

Gamaspektrometrijska analiza provedena je na jednokratno skupljenim uzorcima voda rijeke Drave (Varaždin i Osijek), rijeke Save (Harmica, Sisak, Zagreb i Županja), rijeke Dunav (Batina i Vukovar), rijeke Neretve (Opuzen) i rijeke Krke (Skradin). Najniža mjerljiva koncentracija aktivnosti ^{137}Cs od $0,483 \text{ Bqm}^{-3}$ izmjerena je u prosincu u vodi rijeke Save u Županji, a najviša u svibnju u rijeci Savi kod Harmice od $9,31 \text{ Bqm}^{-3}$. Koncentracija aktivnosti prirodnog ^{40}K u uzorcima riječnih voda kretala se od $5,86 \text{ Bqm}^{-3}$ u vodi rijeke Save u Sisku u prosincu 2022. godine do 566 Bqm^{-3} u rijeci Savi kod Harmice u svibnju 2022. godine.

U uzorcima rijeke Save u Zagrebu i Sisku izmjeren je ^{131}I o čemu je, sukladno Ugovoru i *Pravilniku o praćenju stanja radioaktivnosti u okolišu* (NN 40/2018; 6/2022), MUP RH (RCZ Služba za radiološku i nuklearnu sigurnost) izvanredno izvješten. Prisutnost ^{131}I u rijeci Savi ne možemo pripisati radu NE Krško, već ispuštanju iz bolnica i predlažemo češći moitoring kako bi se mogao detektirati i potvrditi izvor radioaktivnog onečišćenja.

5.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U RJEČNIM VODAMA

Upareni ostatak jednokratnog uzorka tretira se dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstranjuju primjese, a stroncij se određuje radiometrijski ekstrakcijom TBP-om. Odvojen kao ^{90}Y mjeri se antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

| Mjesto | Datum uzorkovanja | ^{90}Sr [Bqm^{-3}] |
|--------------------|-------------------|--|
| <i>Rijeka SAVA</i> | | |
| ZAGREB | 17.3.2022. | $(2,00 \pm 0,50)\text{E}+0$ |
| HARMICA | 7.3.2022. | $(6,15 \pm 2,14)\text{E}-1$ |
| SISAK | 14.4.2022. | $(7,97 \pm 2,61)\text{E}-1$ |
| ŽUPANJA | 17.2.2022. | $(7,90 \pm 2,38)\text{E}-1$ |

| Mjesto | Datum uzorkovanja | ^{90}Sr [Bqm^{-3}] |
|---------------------|-------------------|--|
| <i>Rijeka DRAVA</i> | | |
| OSIJEK | 7.10.2022. | $(3,58 \pm 0,40)\text{E}+0$ |

| Mjesto | Datum uzorkovanja | ^{90}Sr [Bqm^{-3}] |
|---------------------|-------------------|--|
| <i>Rijeka DUNAV</i> | | |
| VUKOVAR | 21.4.2022. | $(2,57 \pm 0,65)\text{E}+0$ |

6. JEZERA



6.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA JEZERSKIH VODA

Jednokratni uzorci jezerskih voda volumena od 50 L uparavaju se na volumen od jedne litre za potrebe gamaspektrometrijske analize.

| Mjesto | Datum uzorkovanja | ^{137}Cs [Bqm ⁻³] | ^{40}K |
|-------------------------|-------------------|---|------------------|
| <i>Plitvička jezera</i> | | | |
| KOZJAK | 23.5.2022. | < 1,08E+0 | (1,38 ± 0,11)E+1 |
| | 14.9.2022. | < 1,09E+0 | (1,38 ± 0,11)E+1 |
| <i>Vransko jezero</i> | | | |
| VRANA | 26.4.2022. | < 1,06E+0 | (6,83 ± 0,34)E+2 |
| | 14.10.2022. | < 8,24E-1 | (1,78 ± 0,02)E+3 |

6.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U JEZERSKIM VODAMA

Upareni ostatak jednokratnog uzorka tretira se dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstranjuju primjese, a stroncij se određuje radiometrijski ekstrakcijom TBP-om. Odvojen kao ^{90}Y mjeri se antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

| Mjesto | Datum uzorkovanja | ^{90}Sr [Bqm ⁻³] |
|-------------------------|-------------------|---------------------------------------|
| <i>Plitvička jezera</i> | | |
| KOZJAK | 26.4.2022. | (4,55 ± 0,24)E+0 |
| <i>Vransko jezero</i> | | |
| VRANA | 23.5.2022. | (4,60 ± 0,30)E+0 |

7. MORE



7.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MORA

Uzorak od dvadeset do trideset litara mora uzima se jednokratno te se uparava na volumen od jedne litre. Pripremljen i u nepropusne posude zapakiran uzorak stoji šezdeset i šest dana prije mjerenja kako bi se u uzorku postigla ravnoteža radijevih potomaka nakon čega se provodi gamaspektrometrijska analiza. Sadržaj kalija određuje se gravimetrijski, taloženjem kalignostom (Na-tetrafenilborat).

| Mjesto | Datum uzorkovanja | ^{137}Cs / [Bqm^{-3}] | K / [gm^{-3}] |
|--------------------|-------------------|---|--------------------------|
| ROVINJ | 19.5.2022. | < 3,39E+0 | 439 |
| | 22.9.2022. | < 1,91E+0 | 339 |
| PLOMINSKI ZALJEV | 18.5.2022. | < 3,43E+0 | 400 |
| | 22.9.2022. | < 3,47E+0 | 337 |
| RIJEKA | 18.5.2022. | < 2,96E+0 | 353 |
| | 22.9.2022. | < 2,00E+0 | 287 |
| KAŠTELANSKI ZALJEV | 25.5.2022. | < 3,25E+0 | 471 |
| | 15.9.2022. | < 3,49E+0 | 370 |
| SPLIT | 25.5.2022. | < 1,80E+0 | 437 |
| | 16.9.2022. | < 4,21E+0 | 399 |
| DUBROVNIK | 24.5.2022. | < 3,48E+0 | 421 |
| | 15.9.2022. | < 2,26E+0 | 411 |

Morska voda uzorkovana je duž cijele jadranske obale (u Rovinju, Rijeci, Plominskom zaljevu, Kaštelanskom zaljevu, Splitu i Dubrovniku). Vrijednosti koncentracija aktivnosti ^{137}Cs bile su ispod granice detekcije.

7.1.R SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ²²⁶Ra u MORSKOJ VODI

U jednokratnim uzorcima morske vode provodi se specifično određivanje ²²⁶Ra uz dodatak barijevog nosača. Radij se nakon čišćenja i taloženja određuje brojanjem na alfaspektrometru pomoću Si detektora (PIPS detektor: površine 450 mm², rezolucije za ²⁴¹Am od 19 keV).

| Mjesto | Datum uzorkovanja | ²²⁶ Ra / [Bqm ⁻³] |
|-------------|-------------------|--|
| PLOMINSKI | 18.5.2022. | < 7,29E+1 |
| ZALJEV | 22.9.2022. | (1,14 ± 0,62)E+1 |
| KAŠTELANSKI | 25.5.2022. | < 8,93E+1 |
| ZALJEV | 15.9.2022. | (5,05 ± 1,49)E+1 |

Koncentracije aktivnosti ²²⁶Ra u uzorcima morske vode u RH ne odstupaju u odnosu na 2021. godinu.

7.1.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ⁹⁰Sr u MORSKOJ VODI

Ukupno 90 L uzorka mora miješati se 4 h kako bi se istaložili oksalati. Talog se nakon sušenja na 80 °C spaljuje u peći na 850 °C tijekom 10h. Stroncij se određuje radiokemijski taloženjem Y. Odvojen kao ⁹⁰Y mjeri se antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

| Mjesto | Datum uzorkovanja | ⁹⁰ Sr / [Bqm ⁻³] |
|--------|-------------------|---|
| ROVINJ | 19.5.2022. | (3,31 ± 0,36)E-1 |
| SPLIT | 25.5.2022. | (6,45 ± 0,44)E-1 |

Nema značajnijih razlika u koncentracijama aktivnosti ⁹⁰Sr u uzorcima morske vode u Rovinju i Splitu u odnosu na 2021. godinu.

7.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MORSKIH MOBILNIH INDIKATORSKIH ORGANIZAMA

Jednokratno skupljeni uzorci indikatorskih organizama spaljuju se postupno u peći na 400 °C. Volumni alikvot pepela mjeri se gamaspektrometrijski.

| Mjesto | Vrsta | Datum uzorkovanja | ¹³⁷ Cs | ⁴⁰ K |
|--------------------------|----------|-------------------|-----------------------|------------------|
| | | | [Bqkg ⁻¹] | |
| ROVINJ | Muzgavci | 19.5.2022. | < 9,85E-2 | (7,82 ± 0,20)E+1 |
| PLOMINSKI ZALJEV | Muzgavci | 22.9.2022. | < 1,14E-1 | (7,57 ± 0,06)E+1 |
| RIJEKA | Muzgavci | 18.5.2022. | < 1,08E-1 | (6,61 ± 0,16)E+1 |
| ZADAR (NOVIGRADSKO MORE) | Muzgavci | 27.4.2022. | < 1,63E-1 | (8,15 ± 0,08)E+1 |
| SPLIT | Muzgavci | 15.6.2022. | < 5,92E-2 | (8,12 ± 0,12)E+1 |
| DUBROVNIK | Muzgavci | 24.5.2022. | < 1,03E-1 | (8,72 ± 0,20)E+1 |

Kako bi se dobila potpunija slika o radioaktivnoj kontaminaciji mora, analizirani su i jednokratno skupljeni bioindikatorski organizami u Rovinju, Plominskom zaljevu, Rijeci, Novigradskom moru, Splitu, te Dubrovniku. Koncentracije aktivnosti ¹³⁷Cs u uzorcima muzgavaca vrlo su niske i ispod su granica detekcije.

8. VODA ZA PIĆE

8.1. VODOVODNA VODA

8.2. SPREMNICI ZA KIŠNICU



8.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA VODOVODNIH VODA

Uzorci vodovodne vode u Zagrebu skupljaju se svakodnevno po jednu litru i spajaju u zbrojni tromjesečni uzorak, ukupno oko 90 L. Tako skupljeni uzorci upareni su do volumena od jedne litre i analizirani gamaspektrometrijski. U ostalim mjestima uzimanje uzoraka je provedeno jednokratno (volumena oko 50 L).

ZAGREB

| Mjesec | ^{137}Cs [Bqm ⁻³] | ^{40}K |
|----------|---|------------------|
| I.-III. | < 2,40E-1 | (9,01 ± 0,27)E+1 |
| IV.-VI. | < 1,09E+0 | (7,67 ± 0,26)E+1 |
| VII.-IX. | < 9,47E-1 | (6,17 ± 0,22)E+1 |
| X.-XII. | < 9,00E-1 | (6,75 ± 0,22)E+1 |

JEDNOKRATNI UZORCI

| Mjesto | Datum uzorkovanja | ^{137}Cs / [Bqm ⁻³] |
|------------------|-------------------|--|
| OSIJEK | 7.10.2022. | < 7,55E-1 |
| ISTARSKI VODOVOD | 19.5.2022. | < 1,08E+0 |
| SPLIT | 15.9.2022. | < 9,11E-1 |
| DUBROVNIK | 15.9.2022. | < 1,08E+0 |

Koncentracije aktivnosti ^{137}Cs u svim tromjesečnim i jednokratnim uzorcima vodovodnih voda bile su ispod granica detekcije.

8.1.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ⁹⁰Sr U VODOVODNOJ VODI

Upareni ostatak zbrojnog tromjesečnog uzorka tretira se dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstrane sve primjese, a stroncij se odredi radiometrijski ekstrakcijom TBP-om. Odvojen kao ⁹⁰Y mjeri se antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

ZAGREB

| Mjesec | ⁹⁰ Sr / [Bqm ⁻³] |
|----------|---|
| I.-III. | (2,82 ± 1,46)E-1 |
| IV.-VI. | (1,00 ± 0,97)E-1 |
| VII.-IX. | (3,50 ± 1,28)E-1 |
| X.-XII. | (5,41 ± 1,37)E-1 |

Koncentracije aktivnosti ⁹⁰Sr u uzorcima vodovodne vode u Zagrebu istog su reda veličine u odnosu na 2021. godinu.

8.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA VODA IZ SPREMNIKA ZA KIŠNICU

Iz spremnika za kišnicu jednokratno se uzima uzorak volumena od 25 do 50 L i uparava do volumena od jedne litre za potrebe gamaspektrometrijske analize. Pripremljen i u nepropusne posude zapakiran uzorak ostavi se stajati šezdeset i šest dana prije mjerenja, kako bi u uzorku bila postignuta ravnoteža radijelih potomaka.

| Mjesto | Datum uzorkovanja | ^{137}Cs [Bqm^{-3}] |
|--------|-------------------|---|
| BALE | 22.8.2022. | < 1,20E+0 |
| DOLI | 15.9.2022. | < 1,24E+0 |
| MARINA | 23.5.2022. | < 9,63E-1 |
| PAG | 13.10.2022. | < 1,16E+0 |

Koncentracije aktivnosti ^{137}Cs u uzorcima cisternskih voda bile su ispod granica detekcije.

8.2.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U VODAMA IZ SPREMNIKA ZA KIŠNICU

Upareni ostatak jednokratnog uzorka tretira se dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstrane sve primjese, a stroncij se odredi radiometrijski ekstrakcijom TBP-om. Odvojen kao ^{90}Y mjeri se antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

| Mjesto | Datum uzorkovanja | ^{90}Sr [Bqm^{-3}] |
|--------|-------------------|--|
| BALE | 22.9.2022. | (6,04 ± 0,43)E+0 |
| DOLI | 15.9.2022. | < 2,34E-1 |
| MARINA | 23.5.2022. | (2,17 ± 0,28)E+0 |
| PAG | 13.10.2022. | < 3,48E-1 |

Koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u uzorcima kišnice iz Bala i Marine istog su reda veličine u odnosu na 2021. godinu.

9. PREHRAMBENI ARTIKLI

9.1. MLIJEKO

9.2. OSTALA LJUDSKA HRANA

9.3. CJELOVITI OBROCI HRANE



9.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MLIJEKA

Skupljani su dnevni uzorci mlijeka i spajani u zbrojne mjesečne ili dvomjesečne, koji se spaljuju pod infracrvenim lampama, a potom u peći postupno do na 400 °C. Na alikvotu pepela provodi se gamaspektrometrijska analiza.

MLJEKARA - ZAGREB

| Mjesec | ¹³⁷ Cs | |
|----------|-----------------------|--------------------------|
| | [Bq l ⁻¹] | [Bq g ⁻¹ (K)] |
| Siječanj | < 1,46E-2 | - |
| Veljača | (2,15 ± 0,24)E-2 | (1,38 ± 0,16)E-2 |
| Ožujak | < 1,47E-2 | - |
| Travanj | <1,42E-2 | - |
| Svibanj | (2,12 ± 0,24)E-2 | (1,34 ± 0,15)E-2 |
| Lipanj | (2,66 ± 0,50)E-2 | (1,65 ± 0,31)E-2 |
| Srpanj | (2,67 ± 0,35)E-2 | (1,81 ± 0,24)E-2 |
| Kolovoz | (2,58 ± 0,32)E-2 | (1,56 ± 0,20)E-2 |
| Rujan | (3,34 ± 0,38)E-2 | (2,20 ± 0,26)E-2 |
| Listopad | (1,98 ± 0,21)E-2 | (1,17 ± 0,13)E-2 |
| Studeni | (2,12 ± 0,36)E-2 | (1,16 ± 0,20)E-2 |
| Prosinac | (3,15 ± 0,43)E-2 | (1,87 ± 0,26)E-2 |

9.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MLIJEKA

MLJEKARA - OSIJEK

| Mjesec | ¹³⁷ Cs | |
|------------|-----------------------|--------------------------|
| | [Bq l ⁻¹] | [Bq g ⁻¹ (K)] |
| I.-II. | < 1,11E-2 | - |
| III.-IV. | < 1,03E-2 | - |
| V.-VI. | < 9,60E-3 | - |
| VII.-VIII. | (1,71 ± 0,24)E-2 | (1,00 ± 0,14)E-2 |
| IX.-X. | < 1,27E-2 | - |
| XI.-XII. | < 8,69E-3 | - |

MLJEKARA - ZADAR

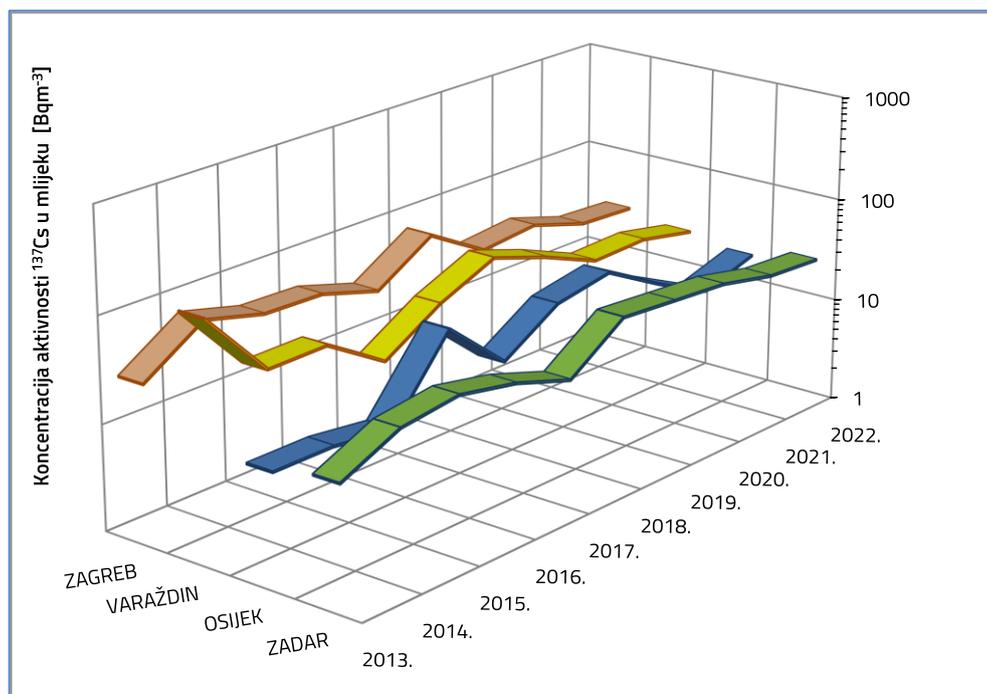
| Mjesec | ¹³⁷ Cs | |
|------------|-----------------------|--------------------------|
| | [Bq l ⁻¹] | [Bq g ⁻¹ (K)] |
| I.-II. | (2,30 ± 0,21)E-2 | (1,53 ± 0,14)E-2 |
| III.-IV. | (1,69 ± 0,20)E-2 | (1,12 ± 0,14)E-2 |
| V.-VI. | (1,37 ± 0,25)E-2 | (9,41 ± 1,71)E-3 |
| VII.-VIII. | (3,37 ± 0,40)E-2 | (2,78 ± 0,30)E-2 |
| IX.-X. | (2,65 ± 0,22)E-2 | (1,63 ± 0,14)E-2 |
| XI.-XII. | (2,04 ± 0,15)E-2 | (1,32 ± 0,01)E-2 |

9.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MLIJEKA

MLJEKARA – VARAŽDIN

| Mjesec | ¹³⁷ Cs | |
|------------|-----------------------|--------------------------|
| | [Bq l ⁻¹] | [Bq g ⁻¹ (K)] |
| I.-II. | < 1,78E-2 | - |
| III.-IV. | (1,44 ± 0,18)E-2 | (9,33 ± 1,16)E-3 |
| V.-VI. | (2,97 ± 0,39)E-2 | (1,96 ± 0,26)E-2 |
| VII.-VIII. | (2,09 ± 0,32)E-2 | (1,34 ± 0,21)E-2 |
| IX.-X. | (1,49 ± 0,27)E-2 | (9,79 ± 1,78)E-3 |
| XI.-XII. | (1,91 ± 0,33)E-2 | (1,09 ± 0,19)E-2 |

Gamaspektrometrijske analize provedene su na zbrojnim mjesečnim (Zagreb) i dvomjesečnim uzorcima skupljenima u mljekarama u Osijeku, Zadru, i Varaždinu. Srednje godišnje koncentracije aktivnosti ¹³⁷Cs prikazane su na slici 9. i ne odstupaju značajno u odnosu na 2021. godinu.



Slika 9. Srednje godišnje koncentracije aktivnosti ¹³⁷Cs u mlijeku zagrebačke, varaždinske, osječke i zadarske mljekare

9.1.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U MLIJEKU

Mjesečni su uzorci mlijeka spaljeni na 650 °C. Alikvot pepela otopi se u dušičnoj kiselini. Standardnom metodom ekstrakcije TBP-om uz dodatak itrij nosača određuje se ^{90}Sr temeljem radioaktivne ravnoteže s ^{90}Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

MLJEKARA – ZAGREB

| Mjesec | ^{90}Sr [Bq l ⁻¹] |
|----------|---|
| Siječanj | (2,87 ± 0,75)E-2 |
| Veljača | (3,08 ± 0,79)E-2 |
| Ožujak | (2,85 ± 0,72)E-2 |
| Travanj | (2,20 ± 0,59)E-2 |
| Svibanj | (2,26 ± 0,36)E-2 |
| Lipanj | (2,36 ± 0,38)E-2 |
| Srpanj | (2,41 ± 0,33)E-2 |
| Kolovoz | (2,50 ± 0,36)E-2 |
| Rujan | (2,66 ± 0,35)E-2 |
| Listopad | (3,15 ± 0,43)E-2 |
| Studeni | (2,63 ± 0,38)E-2 |
| Prosinac | (2,94 ± 0,41)E-2 |

9.1.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U MLIJEKU

MLJEKARA - OSIJEK

| Mjesec | ^{90}Sr [Bq l^{-1}] |
|------------|------------------------------------|
| I. - II. | $(2,48 \pm 0,71)E-2$ |
| III.-IV. | $(3,17 \pm 0,37)E-2$ |
| V.-VI. | $(1,53 \pm 0,28)E-2$ |
| VII.-VIII. | $(1,48 \pm 0,31)E-2$ |
| IX.-X. | $(2,27 \pm 0,30)E-2$ |
| XI. - XII. | $(1,87 \pm 0,34)E-2$ |

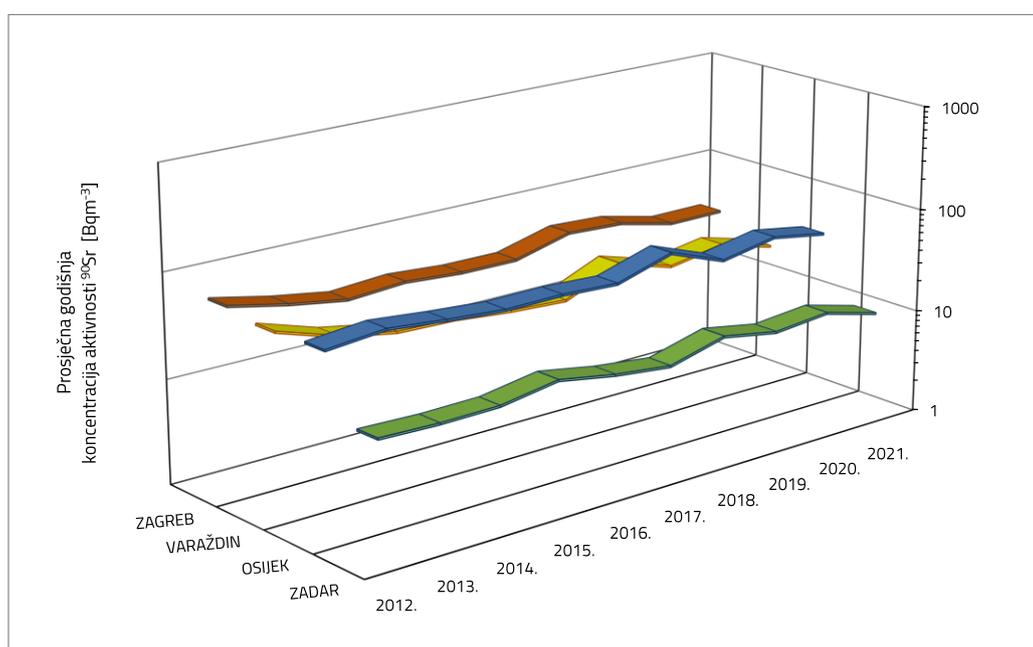
MLJEKARA - ZADAR

| Mjesec | ^{90}Sr [Bq l^{-1}] |
|------------|------------------------------------|
| I. - II. | $(7,28 \pm 3,46)E-3$ |
| III.-IV. | $(1,01 \pm 0,42)E-2$ |
| V.-VI. | $(1,20 \pm 0,27)E-3$ |
| VII.-VIII. | $(9,33 \pm 2,74)E-3$ |
| IX.-X. | $(9,93 \pm 2,58)E-3$ |
| XI. - XII. | $(8,63 \pm 2,55)E-3$ |

9.1.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U MLIJEKU

MLJEKARA - VARAŽDIN

| Mjesec | ^{90}Sr [Bq l ⁻¹] |
|------------|---|
| I. - II. | (1,47 ± 0,44) E-2 |
| III.-IV. | (1,74 ± 0,68) E-2 |
| V.-VI. | (1,31 ± 0,30) E-2 |
| VII.-VIII. | (1,82 ± 0,38) E-2 |
| IX.-X. | (1,28 ± 0,29) E-2 |
| XI. - XII. | (1,75 ± 0,33) E-2 |



Slika 10. Srednje godišnje koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u mlijeku zagrebačke, varaždinske, osječke i zadarske mljekare

Koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u uzorcima mlijeka ne odstupaju u odnosu na 2021. godinu.

9.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA LJUDSKE HRANE

Uzorci ljudske hrane uzimaju se jednokratno. Nakon sušenja u sušioniku na 105 °C, spaljuju se postupno u peći na 400 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za gamaspektrometrijsku analizu.

REGIJA SJEVEROZAPADNE HRVATSKE

| Vrsta | Datum uzorkovanja | ¹³⁷ Cs | ⁴⁰ K |
|-------------------------|-------------------|-----------------------|------------------|
| | | [Bqkg ⁻¹] | |
| Blitva | 30.3.2022. | < 6,37E-3 | (1,28 ± 0,03)E+2 |
| Salata | 30.3.2022. | < 6,90E-3 | (9,02 ± 0,28)E+1 |
| Jabuke | 25.10.2022. | < 5,57E-3 | (4,59 ± 0,02)E+1 |
| Krumpir | 25.10.2022. | (1,32 ± 0,10)E-1 | (9,86 ± 0,06)E+1 |
| Kupus | 25.10.2022. | (1,75 ± 0,32)E-2 | (4,31 ± 0,02)E+1 |
| Jaja | 30.3.2022. | < 1,92E-2 | (4,83 ± 0,04)E+1 |
| Svinjetina | 28.11.2022. | < 8,25E-2 | (1,22 ± 0,02)E+2 |
| Piletina | 30.3.2022. | < 4,44E-2 | (1,17 ± 0,01)E+2 |
| Riba/pastrva | 30.3.2022. | (5,05 ± 0,79)E-2 | (9,52 ± 0,03)E+1 |
| Grah | 25.10.2022. | (1,70 ± 0,19)E-1 | (3,32 ± 0,02)E+2 |
| Junetina | 28.11.2022. | (1,90 ± 0,16)E-1 | (1,23 ± 0,02)E+2 |
| Šumsko voće - borovnice | 7.6.2022. | (1,22 ± 0,09)E+0 | (3,49 ± 0,15)E+1 |

9.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA LJUDSKE HRANE

SLAVONSKA REGIJA

| Vrsta | Datum uzorkovanja | ¹³⁷ Cs | ⁴⁰ K |
|------------|-------------------|-----------------------|------------------|
| | | [Bqkg ⁻¹] | |
| Salata | 22.4.2022. | (1,29 ± 0,22)E-2 | (8,75 ± 0,02)E+1 |
| Jaja | 22.4.2022. | < 1,26E-2 | (4,47 ± 0,02)E+1 |
| Kupus | 7.10.2022. | < 6,34E-3 | (5,40 ± 0,02)E+1 |
| Jabuke | 7.10.2022. | (6,99 ± 1,60)E-3 | (3,61 ± 0,01)E+1 |
| Krumpir | 7.10.2022. | (3,33 ± 0,37)E-2 | (1,16 ± 0,03)E+2 |
| Grah | 7.10.2022. | (1,23 ± 0,18)E-1 | (4,56 ± 0,02)E+2 |
| Svinjetina | 7.10.2022. | < 6,12E-2 | (1,22 ± 0,02)E+2 |
| Junetina | 7.10.2022. | < 4,29E-2 | (9,23 ± 0,12)E+1 |
| Piletina | 22.4.2022. | < 5,84E-2 | (1,18 ± 0,01)E+2 |
| Riba/šaran | 25.4.2022. | < 1,23E-2 | (7,31 ± 0,03)E+1 |

9.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA LJUDSKE HRANE

PRIOBALNA REGIJA

| Vrsta | Datum uzorkovanja | ¹³⁷ Cs | ⁴⁰ K |
|-------------|-------------------|-----------------------|------------------|
| | | [Bqkg ⁻¹] | |
| Salata | 27.4.2022. | (1,26 ± 0,19)E-2 | (7,72 ± 0,02)E+1 |
| Kupus | 14.10.2022. | (2,59 ± 0,35)E-2 | (4,93 ± 0,02)E+1 |
| Krumpir | 14.10.2022. | (1,71 ± 0,55)E-2 | (1,43 ± 0,43)E+2 |
| Grah | 14.10.2022. | (1,18 ± 0,16)E-1 | (3,39 ± 0,02)E+2 |
| Jabuke | 14.10.2022. | (1,38 ± 0,31)E-2 | (3,40 ± 0,02)E+1 |
| Jaja | 27.4.2022. | (3,15 ± 0,58)E-2 | (5,41 ± 0,03)E+1 |
| Janjetina | 27.4.2022. | (9,61 ± 1,35)E-2 | (9,79 ± 0,11)E+1 |
| Blitva | 27.4.2022. | (2,60 ± 0,34)E-2 | (1,01 ± 0,03)E+2 |
| Riba/srdela | 27.4.2022. | (1,26 ± 0,07)E-1 | (1,28 ± 0,03)E+2 |

Gamaspektrometrijske analize provedene su na uzorcima povrća (salata, grah, kupus, krumpir i blitva), voća (jabuke, borovnice), mesa (junetina, janjetina, piletina), jaja, riba (šaran, pastrva, srdela). Srednje aktivnosti ¹³⁷Cs, neovisno o lokaciji skupljanja uzoraka, ne odstupaju značajno u odnosu na protekle godine.

9.2.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ⁹⁰Sr U LJUDSKOJ HRANI

Uzorci ljudske hrane suše se u sušioniku na 105 °C, te se spaljuju u peći na 650 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za analizu koji se otapa u dušičnoj kiselini. Standardnom metodom ekstrakcije TBP-om uz dodatak itrij nosača određuje se ⁹⁰Sr temeljem radioaktivne ravnoteže s ⁹⁰Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

REGIJA SJEVEROZAPADNE HRVATSKE

| Vrsta | Datum uzorkovanja | ⁹⁰ Sr [Bqkg ⁻¹] |
|--------------|-------------------|---|
| Salata | 30.3.2022. | (7,73 ± 1,91)E-2 |
| Blitva | 30.3.2022. | (6,01 ± 1,64)E-2 |
| Krumpir | 25.10.2022. | (7,22 ± 0,56)E-2 |
| Kupus | 25.10.2022. | (1,80 ± 0,18)E-1 |
| Jaja | 30.3.2022. | (8,85 ± 5,05)E-3 |
| Grah | 25.10.2022. | (1,96 ± 0,25)E-1 |
| Jabuke | 25.10.2022. | (2,31 ± 0,23)E-2 |
| Riba/pastrva | 30.3.2022. | (3,23 ± 1,58)E-2 |

SLAVONSKA REGIJA

| Vrsta | Datum uzorkovanja | ⁹⁰ Sr [Bqkg ⁻¹] |
|------------|-------------------|---|
| Salata | 25.4.2022. | (5,22 ± 1,44)E-2 |
| Krumpir | 7.10.2022. | (2,68 ± 0,55)E-2 |
| Jabuke | 7.10.2022. | (1,04 ± 0,17)E-2 |
| Kupus | 7.10.2022. | (1,03 ± 0,34)E-2 |
| Grah | 7.10.2022. | (2,22 ± 0,28)E-1 |
| Jaja | 25.4.2022. | (6,18 ± 6,15)E-3 |
| Riba/šaran | 25.4.2022. | (5,15 ± 1,58)E-2 |

9.2.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ⁹⁰Sr U LJUDSKOJ HRANI

PRIOBALNA REGIJA

| Vrsta | Datum uzorkovanja | ⁹⁰ Sr [Bqkg ⁻¹] |
|-------------|-------------------|---|
| Salata | 27.4.2022. | (1,27 ± 0,09)E-1 |
| Kupus | 14.10.2022. | (9,87 ± 1,62)E-2 |
| Krumpir | 14.10.2022. | (2,14 ± 0,49)E-2 |
| Jabuke | 14.10.2022. | (1,33 ± 0,14)E-2 |
| Grah | 14.10.2022. | (1,29 ± 0,22)E-1 |
| Jaja | 27.4.2022. | (2,12 ± 0,73)E-2 |
| Blitva | 27.4.2022. | (1,46 ± 0,35)E-1 |
| Riba/srdela | 27.4.2022. | (8,88 ± 2,86)E-2 |

Radiokemijska analiza ⁹⁰Sr provedena je na istim uzorcima ljudske hrane na kojima je provedena gamaspektrometrijska analiza. Srednje aktivnosti ⁹⁰Sr, neovisno o lokaciji skupljanja uzoraka, ne odstupaju u odnosu na 2021. godinu.

9.3.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA CJELOVITIH OBROKA HRANE

Uzorci cjelovitih obroka hrane skupljaju se dnevno tijekom jednog tjedna. Nakon sušenja u sušioniku na 105 °C, uzorci se postupno spaljuju u peći na 400 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za gamaspektrometrijsku analizu.

| CJELOVITI OBROCI HRANE | | ¹³⁷ Cs | ⁴⁰ K |
|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------|
| UZORAK | Vrijeme uzorkovanja | [Bqkg ⁻¹] | |
| Dječji vrtić 1 | 4.12. - 8.12.2022. | < 1,14E-2 | (5,87 ± 0,01)E+1 |
| Dječji vrtić 2 | 4.12. - 8.12.2022. | < 1,60E-2 | (4,69 ± 0,02)E+1 |
| Dječji vrtić 3 | 10.12. - 14.12.2022. | (1,22 ± 0,17)E-2 | (4,47 ± 0,01)E+1 |
| Studentska menza 1 | 12.12. - 16.12.2022. | (2,57 ± 0,06)E-2 | (6,45 ± 0,02)E+1 |
| Studentska menza 2 | 12.12. - 16.12.2022. | (2,21 ± 0,20)E-2 | (5,20 ± 0,10)E+1 |

Koncentracije aktivnosti ¹³⁷Cs u uzorcima cjelovitih obroka hrane ne odstupaju značajno od koncentracija izmjerenih u 2021. godini.

9.3.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U CJELOVITIM OBROCIMA HRANE

Uzorci cjelovitih obroka hrane suše se u sušioniku na 105 °C, te se spaljuju u peći na 650 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za analizu koji se otapa u dušičnoj kiselini. Standardnom metodom ekstrakcije TBP-om uz dodatak itrij nosača određuje se ^{90}Sr temeljem radioaktivne ravnoteže s ^{90}Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

| CJELOVITI OBROCI HRANE | | ^{90}Sr |
|------------------------|----------------------|-----------------------|
| UZORAK | Vrijeme uzorkovanja | [Bqkg ⁻¹] |
| Dječji vrtić 1 | 4.12. - 8.12.2022. | (3,43 ± 0,72)E-2 |
| Dječji vrtić 2 | 4.12. - 8.12.2022 | (6,70 ± 0,99)E-2 |
| Dječji vrtić 3 | 10.12. - 14.12.2022. | (3,05 ± 0,67)E-2 |
| Studenska menza 1 | 12.12. - 16.12.2022. | (8,32 ± 1,40)E-2 |
| Studenska menza 2 | 12.12. - 16.12.2022. | (2,96 ± 1,00)E-2 |

Koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u uzorcima cjelovitih obroka hrane ne odstupaju značajno u odnosu na 2021. godinu.

10. STOČNA HRANA



10.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA STOČNE HRANE

Uzorci stočne hrane uzimaju se jednokratno. Nakon sušenja u sušioniku na 105 °C, spaljuju se u peći postupno na 400 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za gamaspektrometrijsko mjerenje.

| Vrsta | Datum uzorkovanja | ¹³⁷ Cs [Bqkg ⁻¹] | ⁴⁰ K |
|--------------------------|-------------------|--|------------------|
| SLAVONSKA REGIJA Silaža | 7.10.2022. | (7,80 ± 1,12)E-3 | (3,44 ± 0,01)E+2 |
| SLAVONSKA REGIJA Lucerna | 25.4.2022. | (1,38 ± 0,28)E-1 | (1,42 ± 0,01)E+3 |
| PRIOBALNA REGIJA Trava | 26.4.2022. | (2,02 ± 2,32)E-1 | (5,17 ± 0,03)E+2 |

Koncentracije aktivnosti ¹³⁷Cs u uzorcima stočne hrane ne odstupaju od koncentracija izmjerenih prijašnjih godina.

10.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ⁹⁰Sr U STOČNOJ HRANI

Uzorci stočne hrane suše se u sušioniku na 105 °C, te se spaljuju u peći na 650 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za analizu koji se otapa u dušičnoj kiselini. Standardnom metodom ekstrakcije TBP-om uz dodatak itrij nosača određuje se ⁹⁰Sr temeljem radioaktivne ravnoteže s ⁹⁰Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

| Vrsta | Datum uzorkovanja | ⁹⁰ Sr [Bqkg ⁻¹] |
|--------------------------|-------------------|---|
| SLAVONSKA REGIJA Lucerna | 7.10.2022. | (1,05 ± 0,26)E+0 |
| SLAVONSKA REGIJA Silaža | 25.4.2022. | (5,02 ± 0,43)E-1 |
| PRIOBALNA REGIJA Trava | 26.4.2022. | (2,56 ± 0,84)E-1 |

Koncentracije aktivnosti ⁹⁰Sr u uzorcima stočne hrane ne odstupaju u odnosu na 2021. godinu.

ZAKLJUČAK



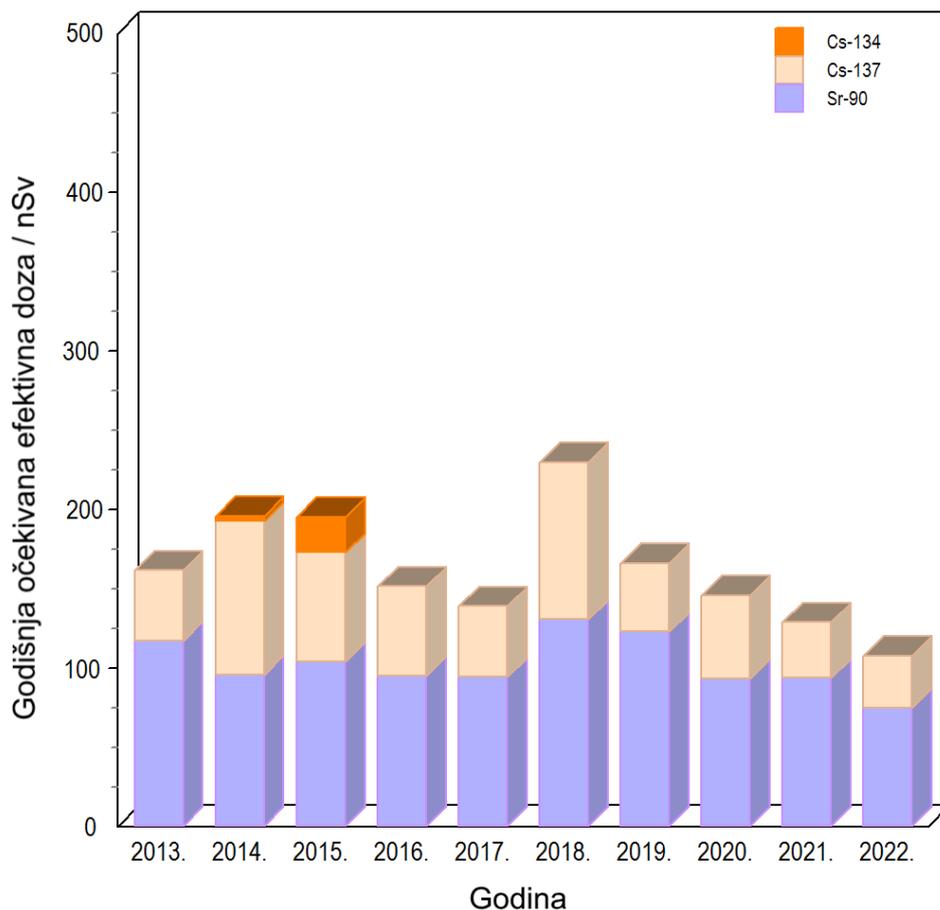
Praćenje stanja radioaktivnosti u okolišu na teritoriju Republike Hrvatske u 2022. godini provedeno je na osnovu ugovora s MUP RH (Klasa: 406-09/22-04/133, Ur.br: 511-01-168-22-14 od 3.10.2022.), a temeljem članka 68. *Zakona o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti* (Narodne novine RH 141/2013; 39/2015; 130/2017; 118/2018; 21/2022; 114/2022) i *Pravilnika o praćenju stanja radioaktivnosti u okolišu* (NN 40/2018; 6/2022).

Uzorkovanja, mjerenja i radiokemijske analize provodi Jedinica za zaštitu od zračenja Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada iz Zagreba neprekidno od 1959. godine prema godišnjem programu praćenja stanja okoliša. U izvještaju su navedene lokacije na kojima se provode mjerenja i uzimaju uzorci, popis i karakteristike mjerne opreme, opis korištenih metoda te rezultati ispitivanja.

Sva propisana uzorkovanja, mjerenja i analize provedeni su kako bi se što je moguće bolje procijenila izloženost prosječnog stanovnika Republike Hrvatske ionizirajućem zračenju i posljedice opterećenja izloženosti zračenju svakog pojedinog stanovnika i okoliša u Republici Hrvatskoj. Napominjemo da program praćenja stanja u okolišu u Republici Hrvatskoj za 2022. godinu ne zadovoljava sve uvjete potrebne za cjelovito određivanje izloženosti stanovništva, niti za procjene izloženosti pojedinih grupa stanovništva u populaciji Republike Hrvatske. Za bolju i precizniju procjenu potrebno je planirati veći broj različitih, specifičnih vrsta uzoraka po svim regijama Republike Hrvatske.

Kako se mlijeko smatra jednom od najvažnijih prehrambenih namirnica, procijenjena je godišnja efektivna doza od unosa ^{137}Cs i ^{90}Sr mlijekom za odraslog stanovnika Republike Hrvatske. Efektivna doza primljena unosom ^{137}Cs i ^{90}Sr mlijekom procijenjena je za odrasle osobe uz pretpostavku godišnje potrošnje mlijeka od 130 litara i podataka o koncentracijama aktivnosti ^{137}Cs i ^{90}Sr u mlijeku. Prosječni odrasli stanovnik Republike Hrvatske primio bi konzumacijom 130 litara mlijeka godišnje dozu od 38 nSv unosom ^{137}Cs , te dozu od 86 nSv unosom ^{90}Sr .

Na Slici 11. prikazano je kretanje procijenjenih godišnjih efektivnih doza koje primi prosječni odrasli stanovnik unosom ^{137}Cs , ^{134}Cs i ^{90}Sr mlijekom zagrebačke mljekare.



Slika 11. Godišnje efektivne doze procijenjene za odraslog stanovnika Republike Hrvatske temeljem unosa ^{134}Cs , ^{137}Cs i ^{90}Sr mlijekom zagrebačke mljekare

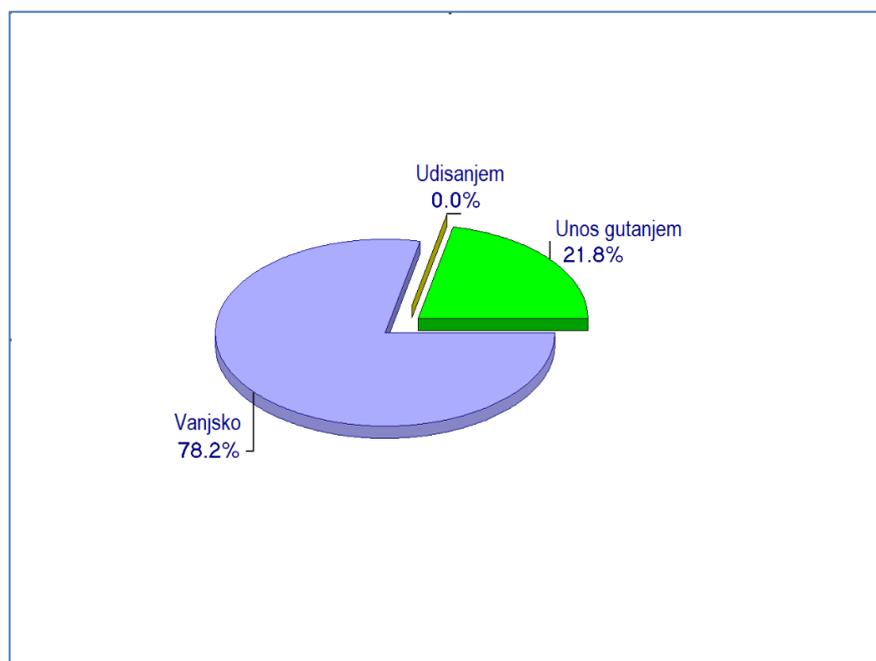
Procijenimo li efektivnu dozu za dječju populaciju (djecu od dvije do sedam godina starosti) od unosa ^{137}Cs i ^{90}Sr cjelovitim obrocima zajedničke vrtičke prehrane (160 kg godišnje) doza iznosi 351 nSv. Za usporedbu, procijenjena efektivna doza za istu skupinu djece na bazi unosa 160 litara mlijeka zagrebačke mljekare iznosi 239 nSv. Efektivna doza za studentsku populaciju unosom ^{137}Cs i ^{90}Sr hranom u studentskoj menzi (130 kg hrane godišnje) iznosi 246 nSv. Procijenjena efektivna doza primljena unosom ^{137}Cs i ^{90}Sr mlijekom zagrebačke mljekare iznosi 140 nSv.

Budući da godišnji program za 2022. godinu nije predvidio mjerenja ambijentalnog doznog ekvivalenta, $H^*(10)$ na lokacijama u priobalnom području (Istra, Primorje, Lika, te

Dalmacija) prosječna je vrijednost ambijentalnog doznog ekvivalenta procijenjena samo za sjeverozapadnu Hrvatsku (Sjeverna Hrvatska, Slavonija i Baranja) i iznosi 0,854 mSv.

Udisanjem zraka prosječan odrasli stanovnik Hrvatske primio bi 4,1 nSv. U procijenjenoj dozi najveći je doprinos onaj primljen udisanjem ${}^7\text{Be}$ (1,8 nSv), ${}^{137}\text{Cs}$ (0,9 nSv) i ${}^{90}\text{Sr}$ (0,2 nSv). Procijenjena doza za odraslog stanovnika od udisanja zraka manja je u odnosu na 2021. godinu.

Uzimanjem u račun prosječnih vrijednosti koncentracija aktivnosti pojedinih vrsta hrane za cijelu zemlju za prosječnog odraslog stanovnika Hrvatske procjena očekivane efektivne doze gutanjem za unos ${}^{90}\text{Sr}$ je 0,40 μSv , za unos ${}^{137}\text{Cs}$ 0,38 μSv , a za unos ${}^{40}\text{K}$ 241 μSv . Nisu procijenjeni doprinosi ukupnoj dozi od unosa radionuklida u svim sastavnicama ljudske prehrane, kao ni mineralnim vodama. Također nije korištena detaljna statistika unosa hrane za prosječnog stanovnika – podaci o životnim navikama pripadnika referentne skupine stanovništva temelje se na tablici u Prilogu IV. *Pravilnika o granicama ozračenja, preporučenom doznom ograničenju i procjenjivanju osobnog ozračenja* (NN 38/2018; 8/2022).



Slika 12. Dozno opterećenje prosječnog stanovnika Republike Hrvatske

Istraživanjima radioaktivnosti uzoraka iz okoliša na području Republike Hrvatske nisu zamijećene povišene vrijednosti koje bi povećale ukupnu dozu za stanovništvo Republike Hrvatske u odnosu na onu primljenu prijašnjih godina.

Mišljenja smo, da budući Programi praćenja stanja radioaktivnosti u okolišu u Republici Hrvatskoj moraju obuhvaćati sve sastavnice okoliša slijedeći sve točke *Pravilnika o praćenju stanja radioaktivnosti u okolišu* (NN 40/2018; 6/2022), iako samim Pravilnikom nisu u potpunosti definirana rješenja za sveobuhvatne procjene ukupnih efektivnih doza za populaciju Republike Hrvatske.